

# Kakvoća podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika

---

Feigl, Željko

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:690942>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-07**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij geološkog inženjerstva

**KAKVOĆA PODZEMNE VODE ZAGREBAČKOGA VODONOSNIKA**

Diplomski rad

Željko Feigl

GI-194

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu  
Diplomski rad  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

## KAKVOĆA PODZEMNE VODE ZAGREBAČKOGA VODONOSNIKA

ŽELJKO FEIGL

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### Sažetak

Tema ovog rada je prikaz i ocjena kakvoće podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika na temelju maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) pojedinih parametara u vodi za piće propisanih u *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (Narodne novine, broj 125/2013). Ovaj rad obuhvaća izmjerene podatke iz 76 piezometara zagrebačkoga vodonosnika u razdoblju od 2009. do 2015. godine. Iz provedene analize izdvojeno je 13 parametara koji su povremeno ili stalno u povišenim koncentracijama, blizu MDK ili imaju pozitivan trend. Pojedini parametri su praćeni kao indikatori promjena u vodonosniku. Ti parametri su: nitrati (1), herbicid atrazin (2), zbroj koncentracija organskih spojeva trikloreten i tetrakloreten (3), kloridi (4), kalij (5), željezo (6), mangan (7), olovo (8), otopljeni kisik (9), aerobne bakterije 37° (10), ukupni koliformi (11), *Esherichia coli* (12) i mutnoća (13). Vrijednosti ovih parametara su iz MS Excel datoteka prebačene u bazu podataka iz koje se na zahtjev vizualiziraju grafički, određuju minimalna, srednja i maksimalna vrijednost u priljevnim područjima pojedinih zagrebačkih crpilišta. Degradaciju kakvoće podzemne vode uzrokuju: poljoprivredna aktivnost, propusne septičke jame i kanalizacijska mreža, divlja smetlišta i šljunčare, industrijska postrojenja, obrtničke radionice, aerodepozicija teških metala, soljenje cesta u zimskim uvjetima, te utjecaj zagađenih površinskih recipijenata. Podzemna voda zagrebačkoga vodonosnika spada u strateške zalihe Hrvatske jer opskrbljuje vodom za piće gotovo četvrtinu stanovništva. Iz toga razloga je nužno sanirati sve postojeće izvore zagađenja.

Ključne riječi: kakvoća podzemne vode, zagrebački vodonosnik

Diplomski rad sadrži: 66 stranica, 14 tablica, 96 slika i 15 referenci

Izvorni jezik: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Mentor: Prof. dr. sc. Andrea Bačani

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Andrea Bačani  
Izv. prof. dr. sc. Kristijan Posavec  
Doc. dr. sc. Dario Perković

Datum obrane: 26.09.2016.

## GROUNDWATER QUALITY OF THE ZAGREB AQUIFER

ŽELJKO FEIGL

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geology and Geological Engineering  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### Abstract

The main goal of this thesis is to present and evaluate the groundwater quality of the Zagreb aquifer based on the maximal allowed concentrations (MAC) of some drinking water parameters, prescribed by the Rules of Compliance Parameters and Methods of Water Analyses for Human Consumption (Narodne Novine, no. 125, year 2013). The thesis covers data measured at 76 piezometers of the Zagreb water aquifer in the period from 2009 to 2015. Thirteen analysis parameters, whose concentrations are occasionally or permanently increased, are approaching the MAC or are indicators of changes in the aquifer have been specified. These parameters are: nitrates (1), herbicide atrazine (2), the sum of organic compounds trichloroethene and tetrachloroethene (3), chlorides (4), potassium (5), iron (6), manganese (7), lead (8), dissolved oxygen (9), anaerobic bacteria at 37° (10), total coliforms (11), Escherichia coli (12), and turbidity (13). Values of these parameters were transferred from the given MS Excel files to a database from which data can be graphically visualized on demand, set with minimum, average and maximum values of groundwater inflow areas of Zagreb wellfields. The degradation of underground water quality is caused by agricultural activity, permeable septic tanks and sewage network, illegal waste depositories, gravels pits, industrial facilities, craft workshops, air deposition of heavy metals, salting of roads in winter conditions and influence of contaminated surface recipients. The groundwater of the Zagreb aquifer belongs to strategic resources of Croatia because it supplies almost a quarter of population with potable water. For that reason, it is necessary to mitigate all existing sources of pollution.

Keywords: quality of underground water, the Zagreb aquifer

Thesis contains: 66 pages, 14 tables, 96 figures and 15 references

Original in: Croatian

Thesis stored at: The Library of the Faculty of Mining, Geology, and Petroleum Engineering

Supervisor: Professor Andrea Bačani, PhD

Reviewers: Professor Andrea Bačani, PhD  
Associate Professor Kristijan Posavec, PhD  
Assistant Professor Dario Perković, PhD

Date of defense: September 26, 2016

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE.....	2
2.1 Geološke značajke .....	2
2.2 Hidrogeološke značajke .....	6
3. METODOLOGIJA I ORGANIZACIJA PODATAKA.....	8
4. KAKVOĆA PODZEMNE VODE.....	10
4.1 Priljevno područje crpilišta Mala Mlaka.....	10
4.2 Priljevno područje crpilišta Zapruđe.....	24
4.3 Priljevno područje crpilišta Petruševac .....	29
4.4 Priljevno područje crpilišta Sašnjak i Žitnjak .....	36
4.5 Priljevno područje sliva Sašnjaka između Držićeve ulice i Trešnjevke .....	43
4.6 Područje između Horvata i Prečkog.....	49
4.7 Priljevno područje Stara Loza.....	53
5. REZULTATI .....	59
6. ZAKLJUČAK .....	62
7. LITERATURA .....	65

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Isječak osnovne geološke karte zagrebačkog područja (OGK L38-80 i L33-81) (ŠIKIĆ, K., BASCH, D. i ŠIMUNIĆ, A. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Zagreb, L 38-80, Savezni geološki zavod, Beograd.), (BASCH, O. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Ivanić Grad, L33-81, Savezni geološki zavod, Beograd.).....	3
Slika 2.2. Shematski profil zagrebačkoga vodonosnog sustava (Posavec, 2006).....	4
Slika 2.3. Izopahe aluvija (preuzeto iz Bačani i dr., 2005).....	4
Slika 2.4. Izopahe vodonosnog sustava (preuzeto iz Bačani i dr., 2005).....	5
Slika 2.5. Izopahe pokrova vodonosnog sustava (preuzeto iz Bačani i dr., 2005).....	5
Slika 2.6. Hidroizohipse na dan visokih voda (23.11.2000) (preuzeto iz Bačani i dr., 2005) .....	6
Slika 2.7. Hidroizohipse na dan niskih voda (23.11.2000) (preuzeto iz Bačani i dr., 2005) .....	7
Slika 4.1. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Mala Mlaka.....	10
Slika 4.2. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone) .....	11
Slika 4.3. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone) .....	11
Slika 4.4. Sadržaj atrazina u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone) .....	12
Slika 4.5. Sadržaj atrazina u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone) .....	12
Slika 4.6. Sadržaj za sumu trikloretilena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	13
Slika 4.7. Sadržaj za sumu trikloretilena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	13
Slika 4.8. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone) .....	14
Slika 4.9. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone) .....	14
Slika 4.10. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	15
Slika 4.11. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	15
Slika 4.12. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	16
Slika 4.13. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	16
Slika 4.14. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone) .....	17
Slika 4.15. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone) .....	17
Slika 4.16. Sadržaj olova u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	18
Slika 4.17. Sadržaj olova u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	18
Slika 4.18. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone) ...	19
Slika 4.19. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone) ...	19
Slika 4.20. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	20
Slika 4.21. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	20
Slika 4.22. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	21
Slika 4.23. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	21
Slika 4.24. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	22
Slika 4.25. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	22
Slika 4.26. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone).....	23
Slika 4.27. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone).....	23
Slika 4.28. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Zapruđe .....	24
Slika 4.29. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	24

Slika 4.30. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	25
Slika 4.31. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	26
Slika 4.32. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe.....	26
Slika 4.33. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	27
Slika 4.34. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	27
Slika 4.35. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe.....	28
Slika 4.36. Broj koliformnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe.....	28
Slika 4.37. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe .....	29
Slika 4.38. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Petruševac .....	30
Slika 4.39. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac.....	31
Slika 4.40. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	31
Slika 4.41. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	32
Slika 4.42. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac.....	32
Slika 4.43. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	33
Slika 4.44. Sadržaj olova u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac.....	33
Slika 4.45. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	34
Slika 4.46. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac.....	34
Slika 4.47. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	35
Slika 4.48. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac .....	35
Slika 4.49. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Petruševac.....	36
Slika 4.50. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Sašnjak i Žitnjak .....	37
Slika 4.51. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	37
Slika 4.52. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka	38
Slika 4.53. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	39
Slika 4.54. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka.....	39
Slika 4.55. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	40
Slika 4.56. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	40
Slika 4.57. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	41
Slika 4.58. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	41
Slika 4.59. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjak i Žitnjak .....	42
Slika 4.60. Broj Echerichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka .....	42
Slika 4.61. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka.....	43
4.62. Lokacije piezometara u slivu Sašnjaka na potezu između Držićeve ulice i Trešnjevke .....	43
Slika 4.63. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka).....	44
Slika 4.64. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka) .....	44
Slika 4.65. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka).....	45
Slika 4.66. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka) .....	45
Slika 4.67. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka).....	46
Slika 4.68. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka) .....	46

Slika 4.69. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)	
47	
Slika 4.70. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)	
47	
Slika 4.71. Broj Echerichia Coli u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka).	48
Slika 4.72. Mutnoća vode priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka).....	48
Slika 4.73. Lokacije piezometara na potezu između Horvata i Prečkog.....	49
Slika 4.74. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka).....	49
Slika 4.75. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka).....	50
Slika 4.76. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)	51
Slika 4.77. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka) ...	51
Slika 4.78. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka) ..	52
Slika 4.79. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka) .....	52
Slika 4.80. Lokacije piezometara na području Stare Loze.....	53
Slika 4.81. Sadržaj nitrata u podzemnoj vodi na području Stare Loze .....	54
Slika 4.82. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u podzemnoj vodi na području Stare Loze.....	54
Slika 4.83. Sadržaj željeza u podzemnoj vodi na području Stare Loze .....	55
Slika 4.84. Sadržaj mangana u podzemnoj vodi na području Stare Loze .....	56
Slika 4.85. Sadržaj otopljenog kisika u podzemnoj vodi na području Stare Loze.....	56
Slika 4.86. Broj aerobnih bakterija u podzemnoj vodi na području Stare Loze .....	57
Slika 4.87. Broj ukupnih koliforma u podzemnoj vodi na području Stare Loze .....	57
Slika 4.88. Broj Escherichia Coli u podzemnoj vodi na području Stare Loze.....	58
Slika 4.89. Mutnoća podzemne vode na području Stare Loze.....	58



## POPIS TABLICA

Tablica 3.1. Odabrani parametri i njihova maksimalno dopuštena koncentracija (MDK) .....	9
Tablica 5.1. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti nitrata u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=50mg/l) .....	59
Tablica 5.2. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti atrazina u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=0,1 µg/l) .....	59
Tablica 5.3. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti sume trikloretena i tetrakloretena u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=10 µg/l) .....	59
Tablica 5.4. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti klorida u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=250mg/l) .....	60
Tablica 5.5. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti kalija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=12mg/l) .....	60
Tablica 5.6. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti željeza u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=200 µg/l) .....	60
Tablica 5.7. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti mangana u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=50 µg/l) .....	60
Tablica 5.8. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti olova u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=10 µg/l) .....	60
Tablica 5.9. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti otopljenog kisika u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika.....	61
Tablica 5.10. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti broja aerobnih bakterija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=20/ml) .....	61
Tablica 5.11. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti broja koliformnih bakterija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=0/100ml) .....	61
Tablica 5.12. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti Escherichia Coli u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika.....	61
Tablica 5.13. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti mutnoće u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK=4 NTU) .....	61

## 1. UVOD

Zagrebački vodonosnik čine šljunkovito-pjeskovite naslage zasićene vodom koje se nalaze na području Zagreba između Podsuseda na zapadu, Medvednice na sjeveru, Rugvice na istoku i Vukomeričkih Gorica na jugu.

Vodoopskrba grada Zagreba temelji se na zahvaćanju podzemne vode najvećim dijelom na šest aktualnih crpilišta: Petruševac (2000 l/s), Mala Mlaka (1400 l/s), Sašnjak (700 l/s), Zapruđe (300 l/s), Žitnjak (60 l/s) i Velika Gorica (600 l/s). U slučaju pojačane potrošnje, uključuju se i zdenci crpilišta Prečko i Horvati (30 – 50 l/s), te Vrbik (160 l/s). Administrativne granice Grada Zagreba obuhvaćaju sva ova crpilišta osim crpilišta u Velikoj Gorici. Kakvoća vode zagrebačkog vodonosnika izrazito je ugrožena od antropogenih utjecaja. Treba istaknuti nekoliko primjera koji izričito mogu utjecati na kakvoću podzemne vode, kao što su propusna kanalizacijska mreža, divlje šljunčare, divlja smetlišta, poljoprivredna aktivnost, promet te niz drugih zagađivača.

Sva vodocrpilišta/izvorišta u Zagrebu zaštićena su *Odlukom o zaštiti izvorišta Stara Loza, Sašnjak, Žitnjak, Petruševac, Zapruđe i Mala Mlaka* (Službeni glasnik Grada Zagreba 21/14) kojom se propisuju tri zone izvorišta:

- zona ograničenja i kontrole – III. zona
- zona strogog ograničenja – II. zona
- zona strogog režima zaštite – I. zona

Cilj ovog diplomskog rada je ocijeniti stanje kakvoće podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) pojedinih pokazatelja u pitkoj vodi prema *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (Narodne novine, broj 125/2013) u vremenskom razdoblju od 2009. do 2015. godine. Podaci o kakvoći podzemne vode, analizirani u ovom radu, su preuzeti iz projekta *Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske* (Nakić i dr., 2016) koji je RGN fakultet provodio za potrebe Hrvatskih voda. U radu su izdvojeni oni parametri koji prelaze ili su vrlo blizu maksimalne dopuštene koncentracije (MDK) propisane Pravilnikom (NN125/2013) u vremenskom razdoblju od 2009. do 2015. godine. Grafički su prikazane njihove vrijednosti uz linije MDK i trenda te tablično zabilježene njihove maksimalne, srednje i minimalne vrijednosti u svrhu dobivanja konačnih rezultata kakvoće podzemne vode.

## **2. GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE**

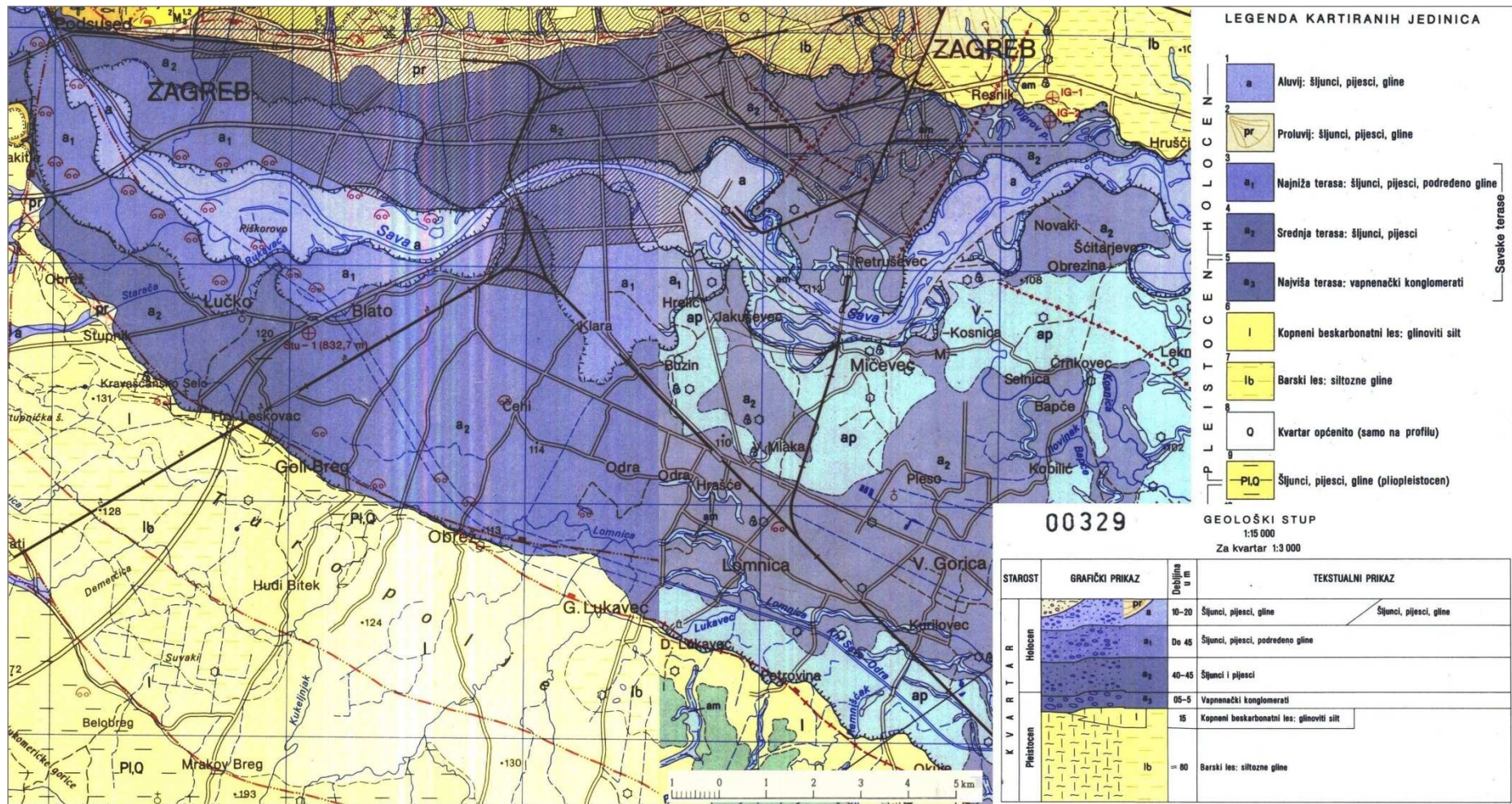
### **2.1 Geološke značajke**

Vodonosni sustav na području grada Zagreba je kvartarni sustav koji čine taložine srednjeg i gornjeg pleistocena te holocena.

Tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena ovaj prostor je bio prekriven jezerima i močvarama, dok je okolno gorje (Medvednica, Marijagorička brda i Žumberačko gorje) bilo kopno podložno intenzivnoj eroziji. Trošeni materijal je nošen potocima i taložen u jezerima i močvarama (Velić i Saftić, 1991). Početkom holocena, tektonski i klimatski procesi omogućili su prodor rijeke Save čime je započeo transport materijala s područja Alpa (Velić i Durn, 1993). Transport materijala bio je promjenjivog intenziteta zbog čestih klimatskih promjena. Za vrijeme toplih i vlažnih perioda bio je intenzivan, dok se njegova intenzivnost smanjivala za vrijeme suhih i hladnih perioda.

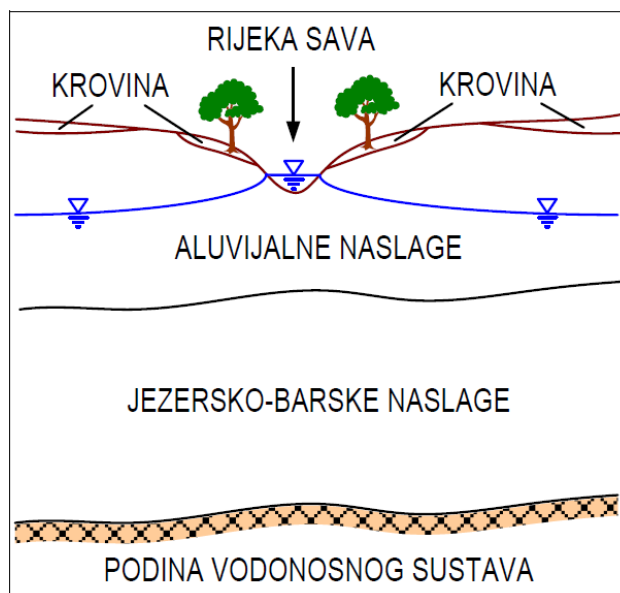
Uz klimatske promjene, tektonski pokreti također su utjecali na procese taloženja (Velić et al., 1999). Posljedica takvih uvjeta taloženja je izrazita heterogenost i anizotropija vodonosnika te neujednačena debljina naslaga.

Aluvijalne naslage se na sjeveru naslanjaju na proluvijalne, pretežito glinovite naslage, koje prelaze u slabopropusne tercijarne naslage južnih obronaka Medvednice. (Slika 2.1). Na zapadnom rubu, komunikacija zagrebačkog vodonosnika sa samoborskim je slaba zbog male kontaktne površine. Istočni rub sustava je izlazni, ali je zbog smanjenih propusnosti, ograničenog protoka. Na jugu se zagrebački vodonosnik naslanja na klastične sedimente Stupničke terase koji pak bočno prelaze u naslage gornjopaludinskih slojeva koji izgrađuju sjeverne padine Vukomeričkih Gorica.



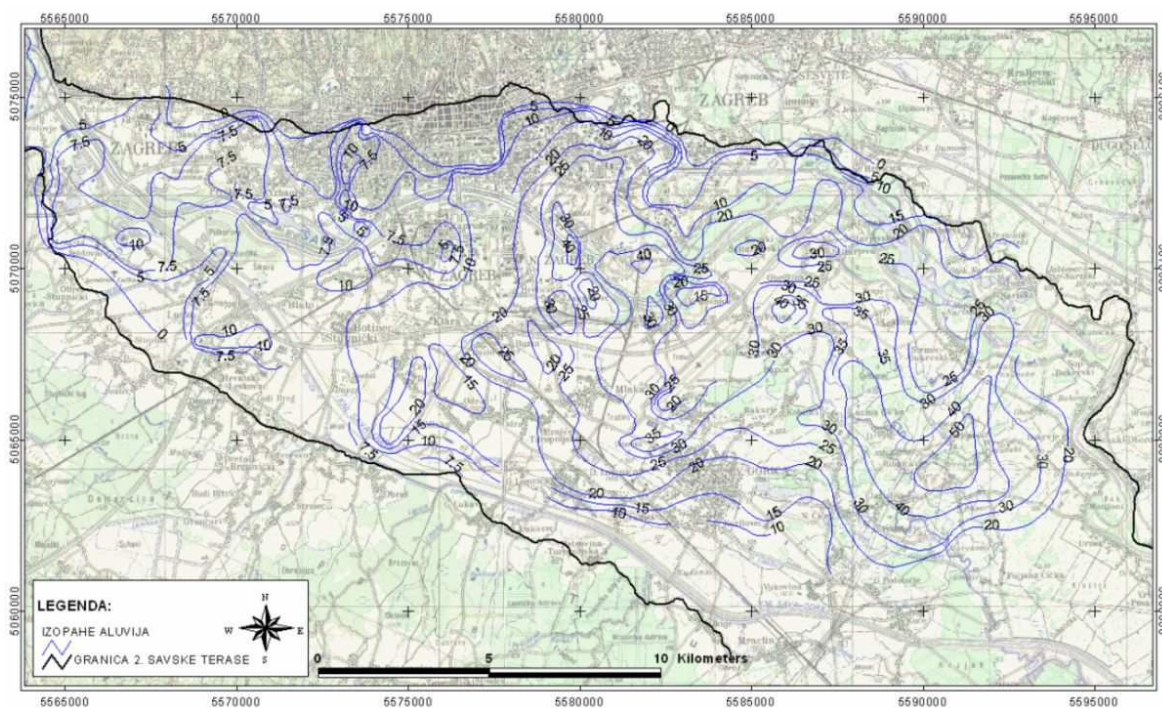
Slika 2.1. Isječak osnovne geološke karte zagrebačkog područja (OGK L38-80 i L33-81) (ŠIKIĆ, K., BASCH, D. i ŠIMUNIĆ, A. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Zagreb, L 38-80, Savezni geološki zavod, Beograd.), (BASCH, O. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Ivanić Grad, L33-81, Savezni geološki zavod, Beograd.)

U profilu zagrebačkoga vodonosnika se razlikuju dva sloja: prvi vodonosni sloj s dominantno aluvijalnim naslagama rijeke Save i drugi vodonosni sloj s dominantno jezersko – barskim naslagama (Slika 2.2).

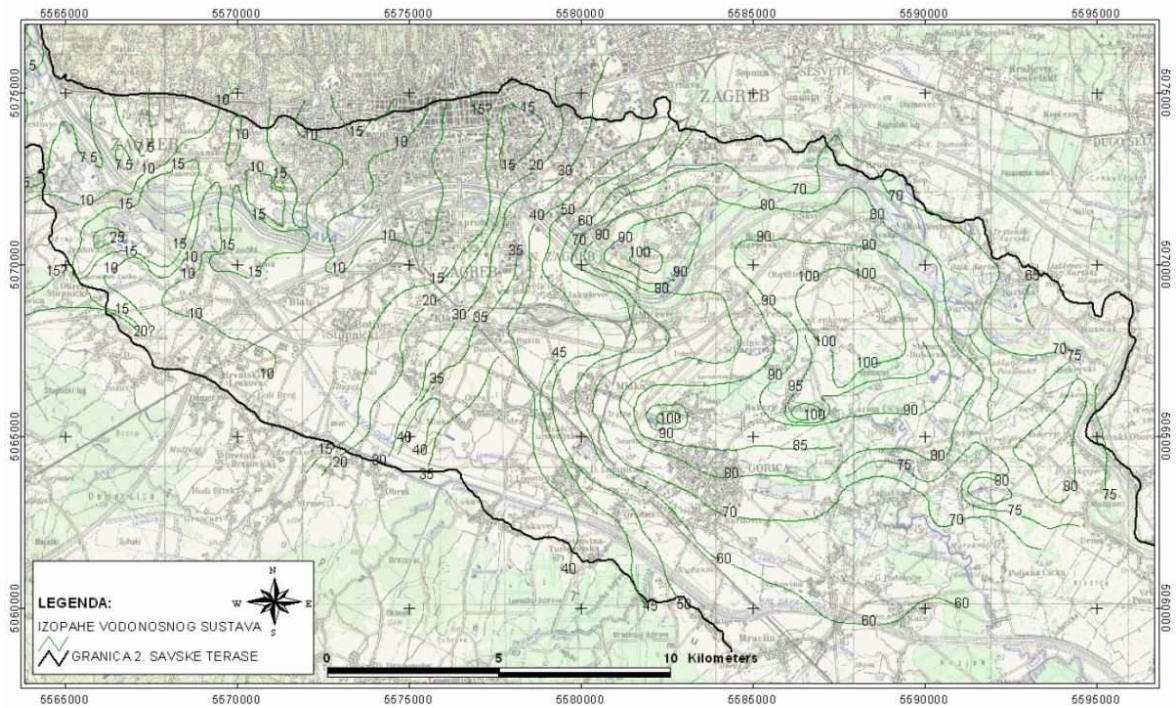


Slika 2.2. Shematski profil zagrebačkoga vodonosnog sustava (Posavec, 2006)

Debljina prvog vodonosnog sloja kreće se od 5m na zapadu do 50m na području Črnkovca (Slika 2.3), dok se ukupna debljina vodonosnog sustava kreće od 5m na zapadu do 100m na području Črnkovca (Slika 2.4).

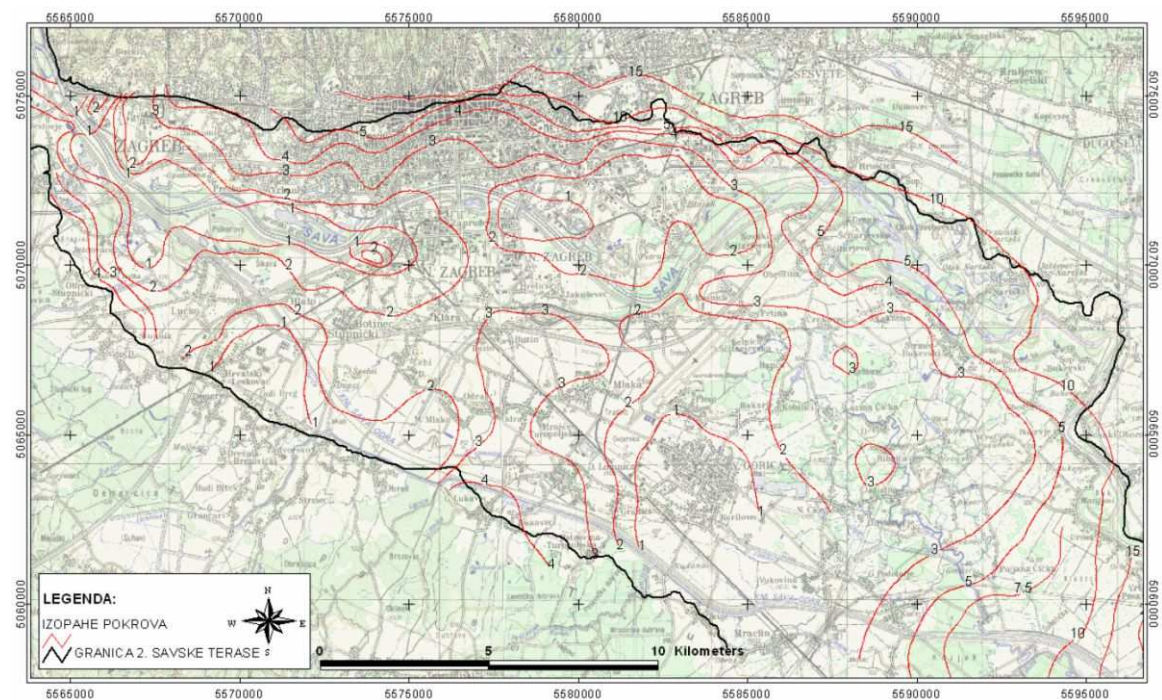


Slika 2.3. Izopahe aluvija (preuzeto iz Bačani i dr., 2005)



Slika 2.4. Izopahe vodonosnog sustava (preuzeto iz Bačani i dr., 2005)

Pokrov vodonosnog sloja ili je neprisutan ili ima debljinu svega nekoliko metara na većini vodonosnog sustava grada Zagreba. Na jugoistočnom dijelu ili u rubnim predjelima se podebljava i do petnaestak metara (Slika 2.5). Ne predstavlja zaštitu vodonosnika od zagađenja s površine jer je antropogenim utjecajem dodatno devastiran. Slabo propusne naslage se nalaze u podini vodonosnog sustava.



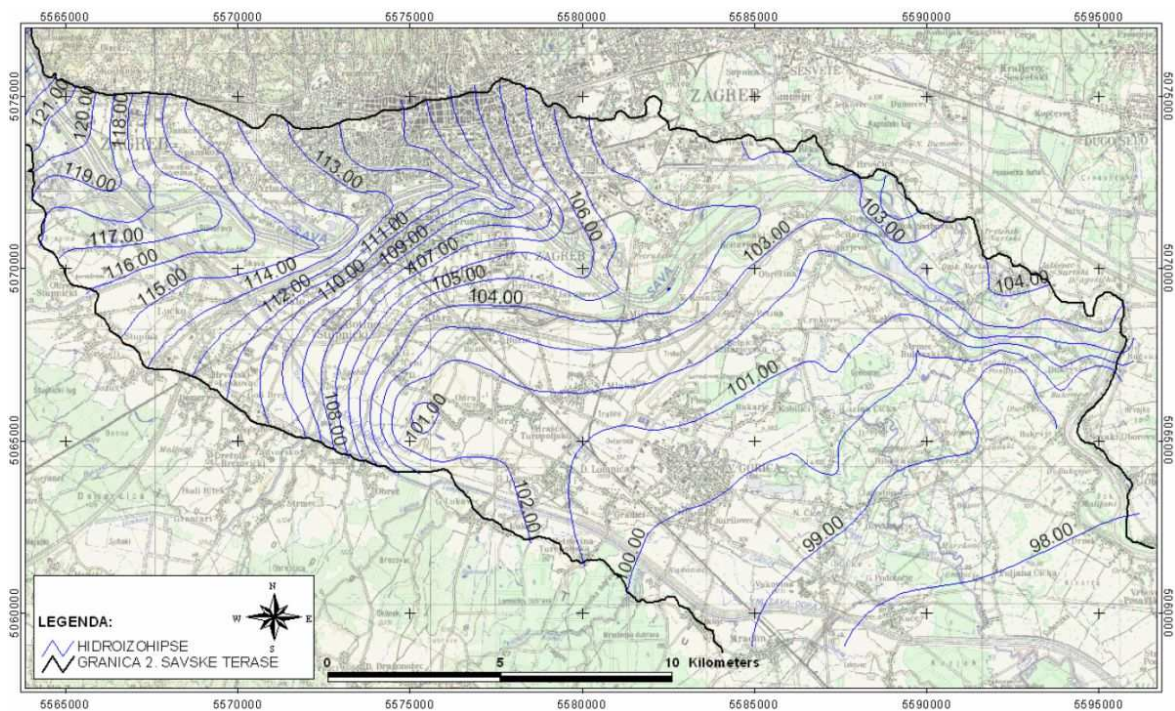
Slika 2.5. Izopahe pokrova vodonosnog sustava (preuzeto iz Bačani i dr., 2005)

## 2.2 Hidrogeološke značajke

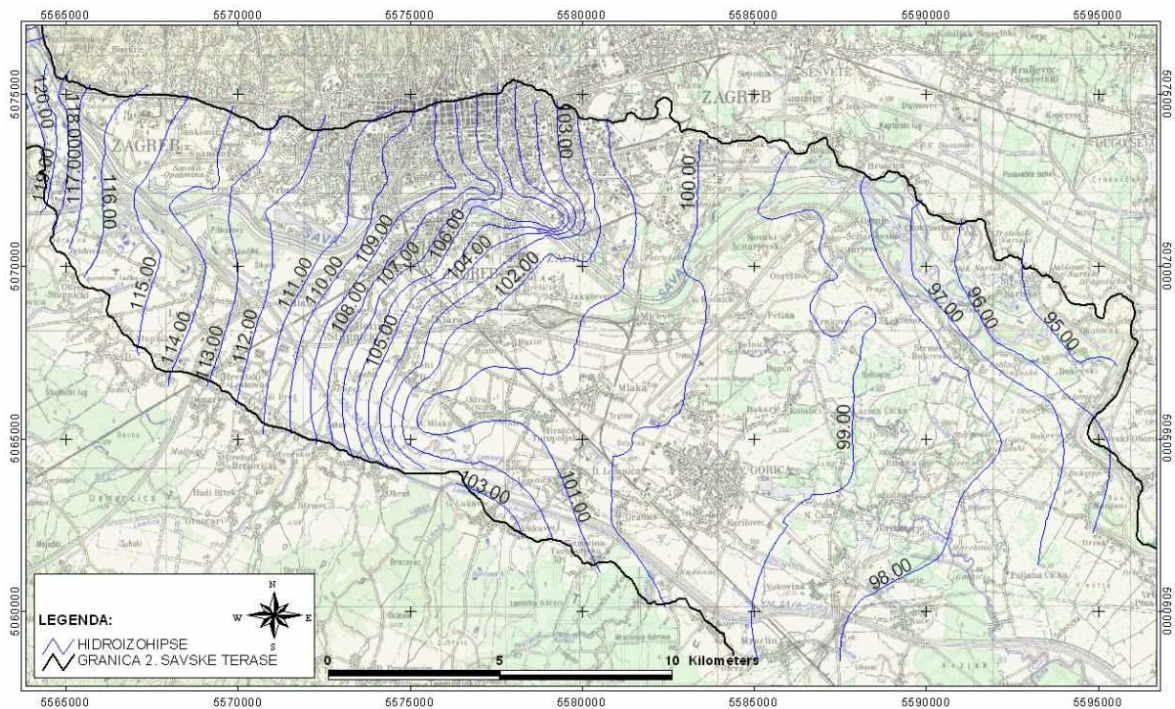
Zagrebački vodonosnik otvoreni je vodonosnik. Gornju granicu saturacije čini vodna ploha pod atmosferskim tlakom. U hidrauličkom smislu, rubne granice vodonosnika čine nepropusna granica na sjeveru, granica dotjecanja na zapadu, granica dotjecanja na jugu te granica otjecanja na istoku. Smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku/jugoistoku. Smatralo se da je južna granica vodonosnika nepropusna, sve dok Posavec (2006) nije analizirao dotjecanja/otjecanja u, odnosno iz zagrebačkoga vodonosnika na osnovu karata ekvipotencijala za godišnje visoke, srednje i niske razine podzemne vode u razdoblju od 1994. do 2003. godine. Zaključio je da po južnoj rubnoj granici vodonosnika postoji određeno dotjecanje različitog intenziteta duž granice, a potencijalne zone pojačanog intenziteta dotjecanja čine područja oko potoka Starča i Lomnica.

Napajanje zagrebačkoga vodonosnika primarno se ostvaruje infiltracijom iz rijeke Save, te infiltracijom oborina, infiltracijom iz propusne vodoopskrbne i kanalizacijske mreže, utjecanjem iz susjednog samoborskog vodonosnika po zapadnoj granici i dotjecanjem po južnoj granici vodonosnika s područja Vukomeričkih Gorica.

Analiziranjem karata ekvipotencijala, utvrđeno je da Sava za vrijeme visokih voda napaja vodonosnik duž cijelog toka na istraživanom području (Slika 2.6), dok za vrijeme srednjih i niskih voda na pojedinim dijelovima toka Sava drenira vodonosnik (Slika 2.7).



Slika 2.6. Hidroizohipse na dan visokih voda (23.11.2000) (preuzeto iz Bačani i dr., 2005)



Slika 2.7. Hidroizohipse na dan niskih voda (23.11.2000) (preuzeto iz Bačani i dr., 2005)

Sava je svojim koritom usječena u aluvijalne holocenske naslage koje su dominantno zastupljene šljuncima izrazito visoke hidrauličke vodljivosti. U zapadnim predjelima vodonosnika hidraulička vodljivost je vrlo visoka i premašuje 3000 m/dan, dok dalje prema istoku opada pa tako kod Črnkovca iznosi oko 2000 m/dan, a nešto istočnije i manje od 1000 m/dan (Urumović i Mihelčić, 2000). Transmisivnost vodonosnika doseže najveće vrijednosti na području Črnkovca (50000 m<sup>2</sup>/dan) zbog visokih iznosa kako hidrauličke vodljivosti tako i debljine vodonosnog sloja (Brkić i Biondić, 2000).

Miletić i Bačani (1999) temeljem vodne bilance za 1998. godinu zaključuju da doprinos Save u obnavljanju količina podzemne vode iznosi oko 73%.

Analiza kretanja razina podzemne vode u razdoblju od 1950. godine tj. od kada mjerenja traju pa do danas pokazala je da su razine podzemne vode od 1950. godine opadale sve do sredine 1993. godine u prosjeku 1 do 2 m svakih 10 godina na području cijelog vodonosnika (Posavec, 2006).



### 3. METODOLOGIJA I ORGANIZACIJA PODATAKA

Na području Zagreba, Vodoopskrba i odvodnja d.o.o. (VIO), Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba i Državni zavod za javno zdravstvo kontinuirano prate kakvoću podzemne vode za ljudsku potrošnju. Ministarstvo zdravlja donijelo je Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju kojim je propisan MDK pojedinih parametara koji se mjere (NN 125/13).

Podaci o kakvoći podzemne vode za ovaj rad dobiveni su u obliku Excel tablice - Microsoft platforma za organizaciju podataka, a to su službeni podaci Hrvatskih voda. Radi bolje preglednosti i brže dostupnosti podaci supreneseni u besplatnu platformu XAMPP -serverski paket koji služi za jednostavnu instalaciju servera na Windows računala. Primjenjuje se za upotrebu u lokalnoj mreži, ne kao javni web server. Koristi se za razvoj i testiranje dinamičkih web stranica izravno na računalu, vizualiziranih pomoću preglednika, klijenata (Chrome, Mozilla...). Uz instalaciju su dodani alati za upravljanje bazom podataka pa je za to korišten phpMyAdmin alat, te jqPlot za prikaz podataka na grafovima.

Na taj način se vrlo lako dolazi do vizualizacije koncentracija pojedinih parametara u grupaciji piezometara za određeni interval vremena.

Uz prikaz parametara, na grafovima je prikazan trend odnosno pravac koji označava tendenciju kretanja pojave u promatranom razdoblju. Također je prikazana i linija maksimalno dopuštene koncentracije (MDK).

Treba naglasiti da se kod dobivenih podataka u nekim slučajevima pojavljuje problem, u smislu neiskoristivih podataka, gdje aparatura za mjerenje koncentracija ima određenu granicu detekcije te su podaci dobiveni u obliku „manje od“, primjerice ( $<0,002$ ,  $<10$ ) te se tu gubi smisao grafičkog prikaza. U ovom radu su takve vrijednosti ignorirane.

Za grafove su uzimani podaci s egzaktnim vrijednostima, te je zbog ovog problema neiskoristivih podataka moguć „pomak“ u trendu, minimalnim i srednjim vrijednostima. Također je dodatni problem u prikazivanju podataka u logaritamskim skalama, jer mnogi podaci imaju vrijednost 0 za koju vrijednosti  $\log(0)$  nisu matematički definirane.

<b>PARAMETAR</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>	<b>MDK</b>
Nitrati	mgNO <sub>3</sub> /l	<b>50</b>
Atrazin	μg/l	<b>0,1</b>
Suma trikloretena i tetrakloretena	μg/l	<b>10</b>
Kloridi	mg/l	<b>250</b>
Kalij	mg/l	<b>12</b>
Željezo	μg/l	<b>200</b>
Mangan	μg/l	<b>50</b>
Olovo	μg/l	<b>10</b>
Otopljeni kisik	mgO <sub>2</sub> /l	<b>/</b>
Aerobne bakterije 37°C	broj/1ml	<b>20</b>
Koliformne bakterije	broj/100ml	<b>0</b>
Escherichia Coli	broj/100ml	<b>0</b>
Mutnoća	NTU	<b>4</b>

Tablica 3.1. Odabrani parametri i njihova maksimalno dopuštena koncentracija (MDK)

## 4. KAKVOĆA PODZEMNE VODE

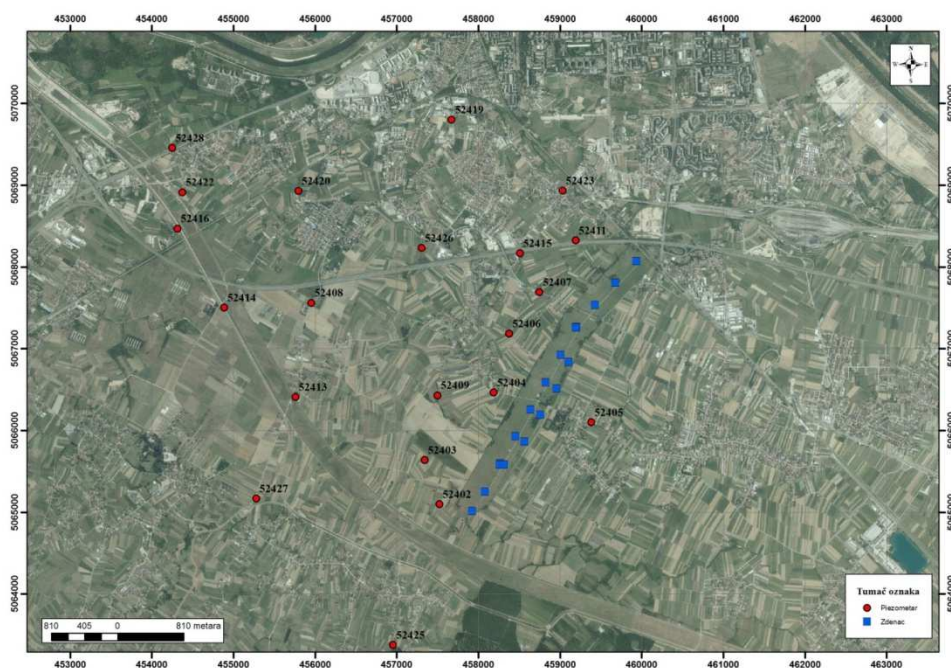
U ovom poglavlju opisani su svi izmjereni parametri na područjima grupiranih piezometara zagrebačkoga vodonosnika. Grafički su prikazani pojedini parametri, njihova MDK, maksimalne i srednje vrijednosti parametara, te njihov trend.

### 4.1 Priljevno područje crpilišta Mala Mlaka

Priljevno područje Male Mlake odnosi se na desnu stranu obale rijeke Save od njegove zapadne granice, zapadno od Rakitja do Male Mlake. Okruženo je poljoprivrednim površinama, seoskim naseljima i industrijskim pogonima. Prvi zdenci pušteni su u pogon 1964. godine. Danas se kontinuirano prati kakvoća vode s dvadeset i jednog (21) piezometra (Slika 4.1), te su radi preglednosti podataka njihovi grafički prikazi pojedinih parametara podijeljeni u dvije grupe:

Prva grupa su piezometri bliži zdencima, na području druge zone sanitarne zaštite crpilišta (Bačani i Posavec, 2014). To su piezometri 52402, 52403, 52404, 52405, 52406, 52407, 52408, 52409 i 52411.

Druga grupa su piezometri udaljeniji od zdenaca, na području treće zone sanitarne zaštite. To su piezometri 52413, 52414, 52415, 52416, 52419, 52420, 52422, 52423, 52425, 52426, 52427 i 52428.

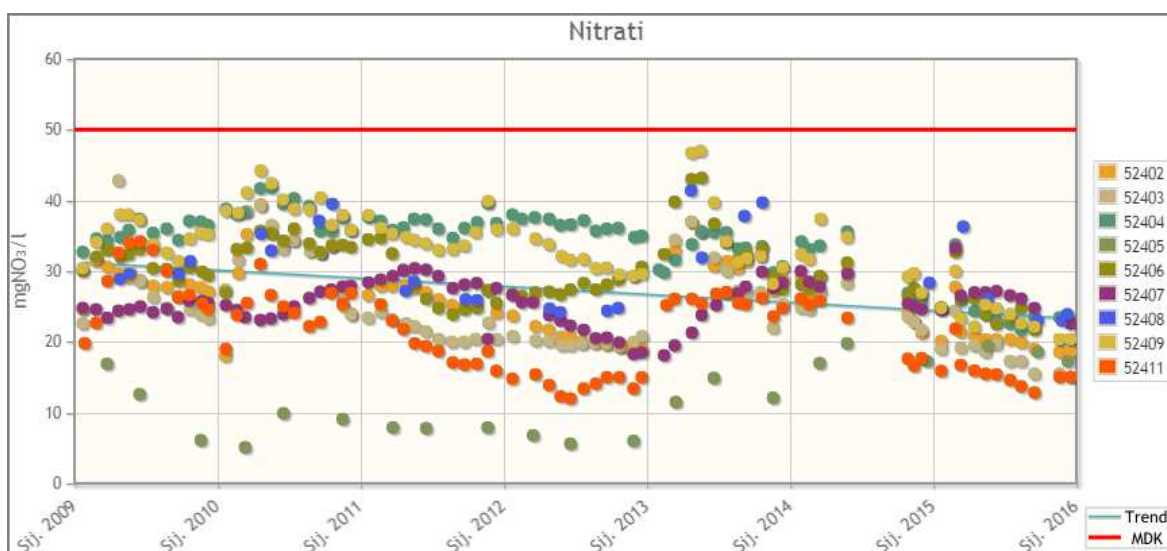


Slika 4.1. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Mala Mlaka

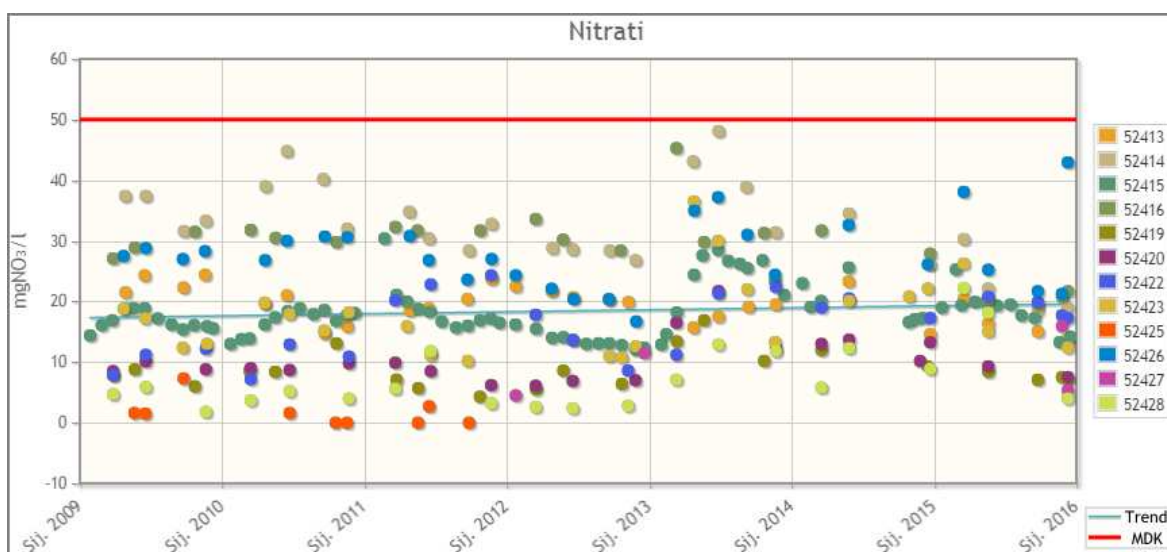
Važan parametar koji se prati u kakvoći podzemne vode na području Zagreba, tako i u Maloj Mlaci, su dušični spojevi u obliku **nitrata**. Upotrebom dušičnih gnojiva u poljoprivredi i drugih antropogenih utjecaja najčešće dolazi do infiltracije dušičnih spojeva u podzemne vode.

Vrijednosti se u drugoj zoni sanitarne zaštite Male Mlake kreću od 5,1 do 47 mgNO<sub>3</sub>/l, te srednje vrijednosti 27,5 mgNO<sub>3</sub>/l uz negativan trend (Slika 4.2, Tablica 5.1).

U trećoj zoni je pozitivan trend, za vrijednosti od 0 do 48,1 mgNO<sub>3</sub>/l, s prosjekom 18,44 mgNO<sub>3</sub>/l (Slika 4.3, Tablica 5.1).



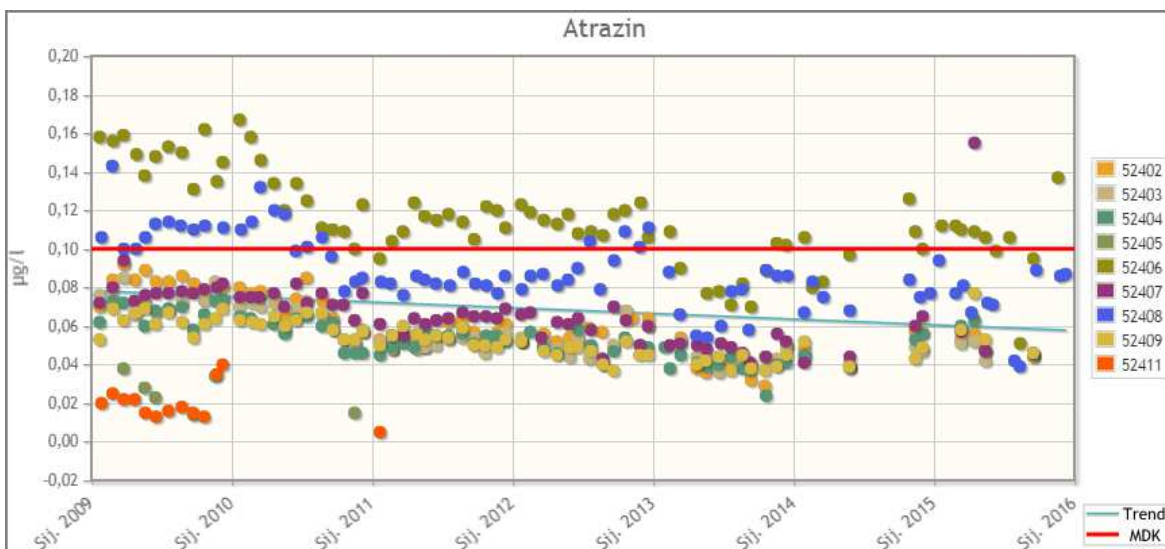
Slika 4.2. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)



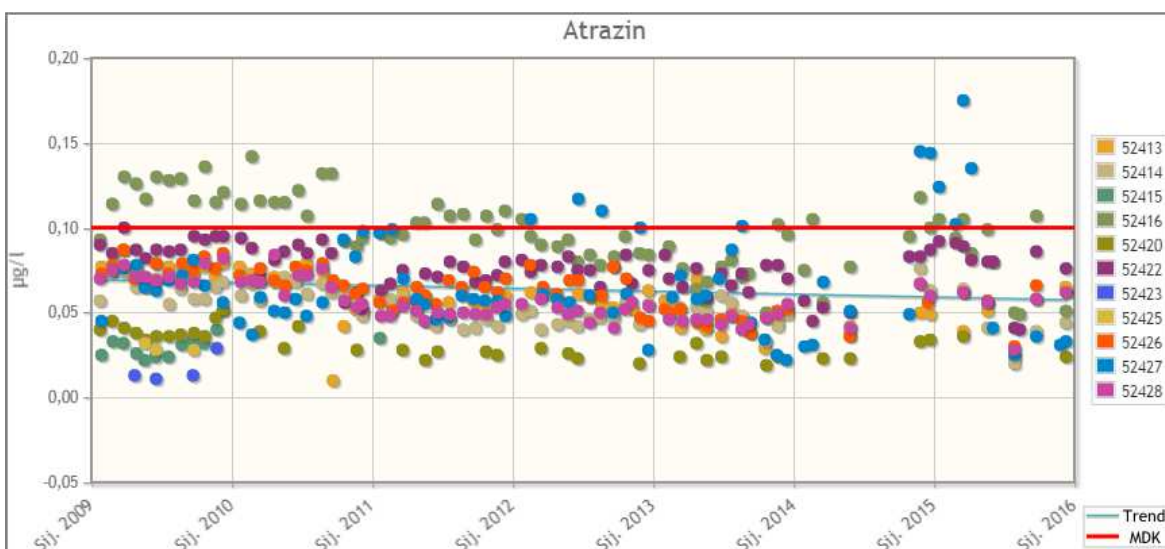
Slika 4.3. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Od pesticida i herbicida MDK na području Grada Zagreba jedini prelazi **atrazin**. Sadržaj atrazina ima raspon vrijednosti od 0,005 do 0,175  $\mu\text{g/l}$  (maksimalna vrijednost na piezometru 52406 u 2. zoni i 52427 u 3.zoni prelaze MDK 0,10 $\mu\text{g/l}$ ).

Srednje vrijednosti su 0,07  $\mu\text{g/l}$  u drugoj, te 0,064  $\mu\text{g/l}$  u trećoj zoni sanitarne zaštite, ali su obje zone u silaznom trendu koncentracija (Slika 4.4 i 4.5, Tablica 5.2).



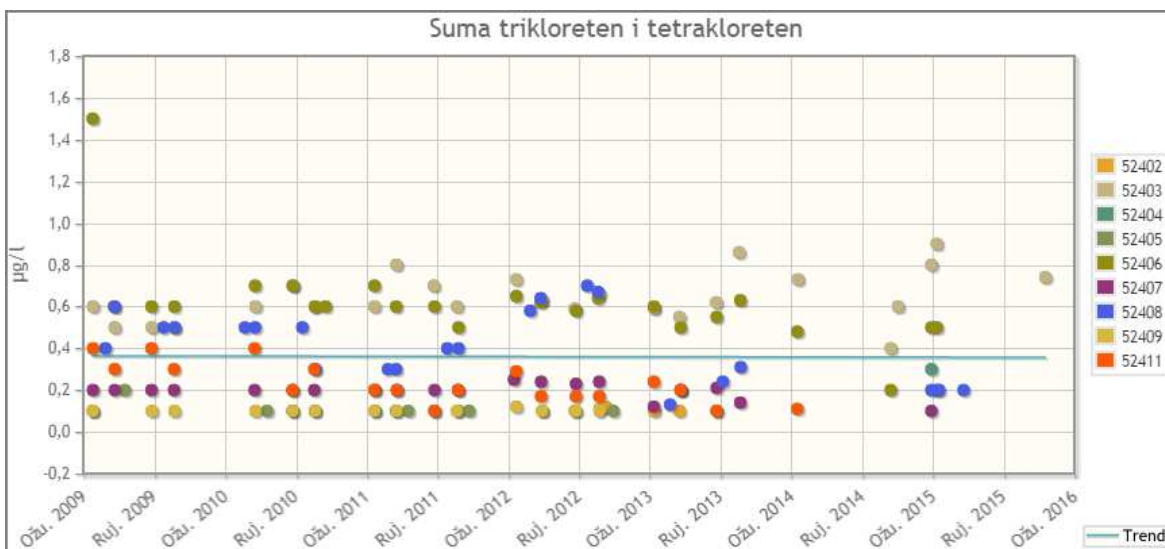
Slika 4.4. Sadržaj atrazina u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)



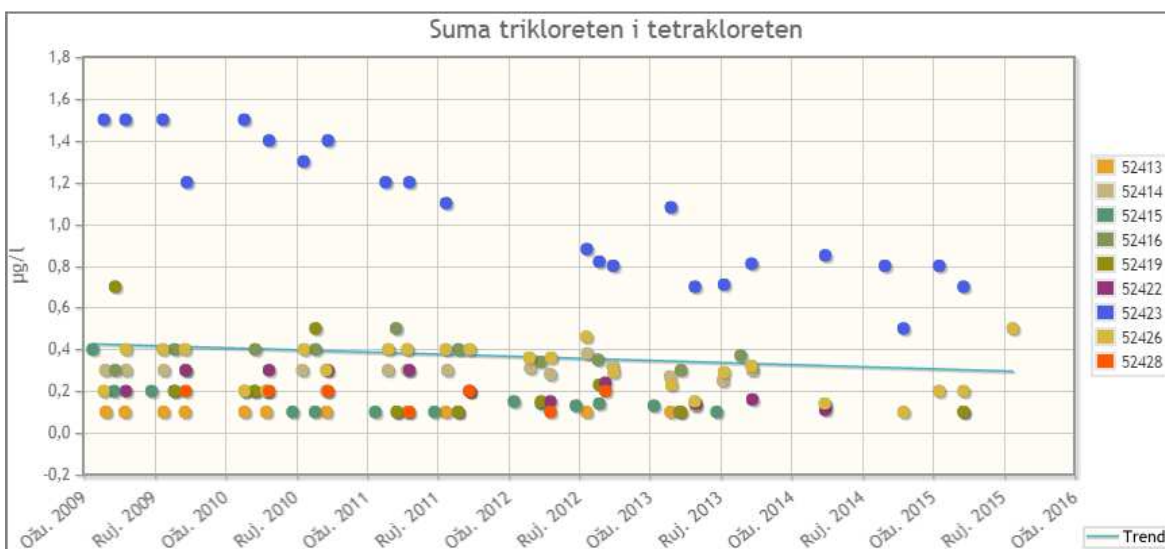
Slika 4.5. Sadržaj atrazina u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Mjerene su i koncentracije organskih spojeva u zagrebačkom vodonosniku te su izdvojeni trikloretilen i tetrakloretilen.

Koncentracije za **sumu trikloretena i tetrakloretena** u podzemnoj vodi u drugoj i trećoj zoni Male Mlake kreću se od 0,1 do 1,5 µg/l, što je znatno ispod MDK (10µg/l). Trend linija u prvoj zoni nije izražena, dok u drugoj zoni opada (Slika 4.6 i 4.7, Tablica 5.3).

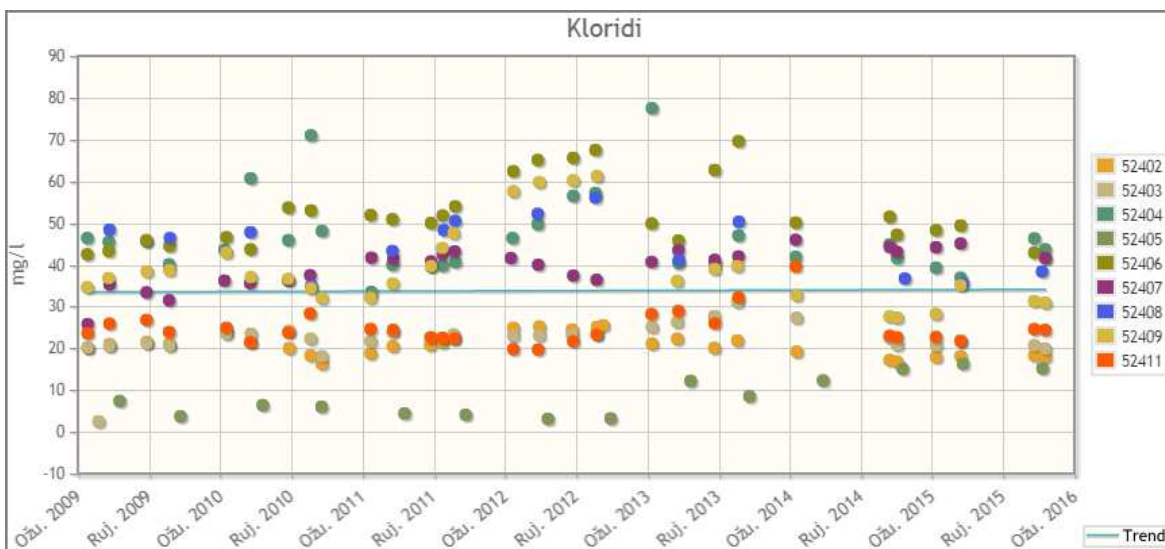


Slika 4.6. Sadržaj za sumu trikloretilena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

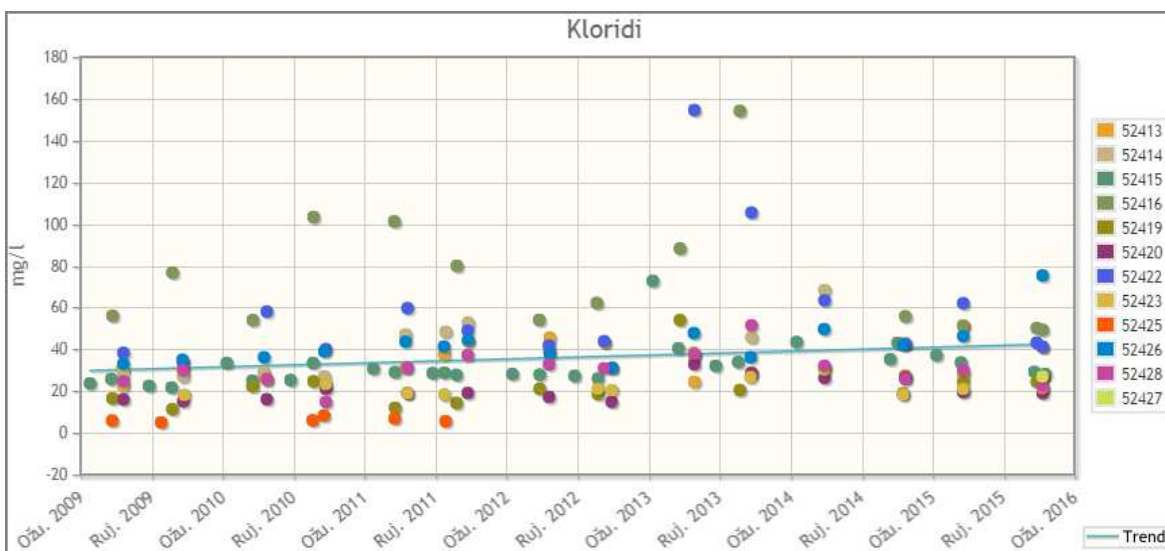


Slika 4.7. Sadržaj za sumu trikloretilena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Sadržaj **klorida** u priljevnom području Male Mlake se kreće od 2,5 do 77,5 mg/l u drugoj i 5 - 154,6 mg/l u trećoj zoni uz blago pozitivan trend. Srednja vrijednost za prvu zonu je 33,77 mg/l, dok je za drugu 36,14 mg/l, što je prihvatljivo s obzirom da je MDK 250 mg/l (Slika 4.8 i 4.9, Tablica 5.4).

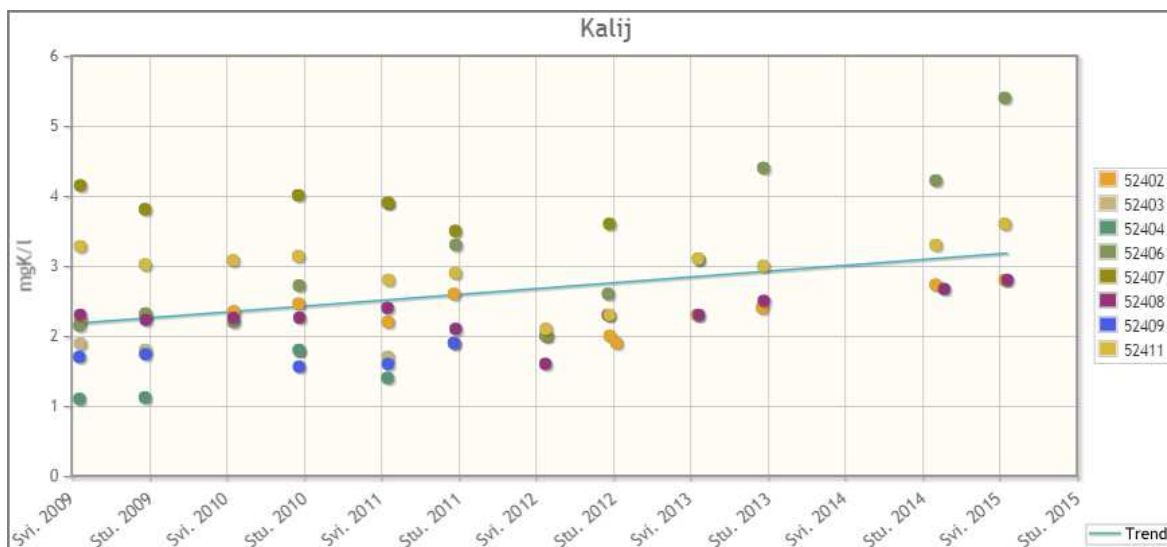


Slika 4.8. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

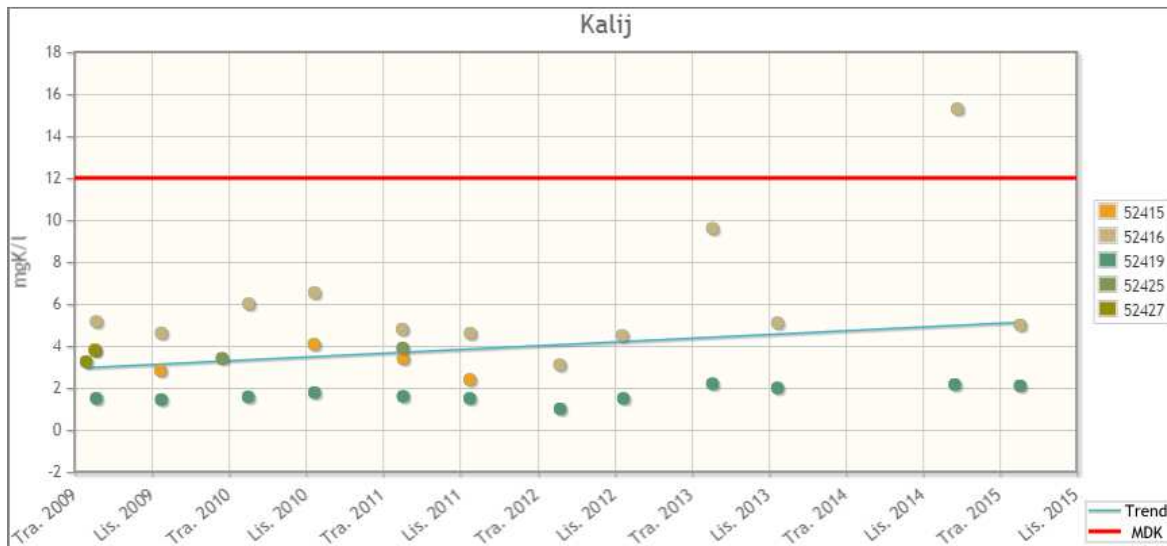


Slika 4.9. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

**Kalij** se godišnje dva puta mjeri u podzemnoj vodi te ima vrijednosti od 1,1 do 5,4 mgK/l u drugoj zoni uz srednju vrijednost od 2,58 mgK/l. U trećoj zoni sanitarne zaštite Mala Mlake su vrijednosti od 1 do 15,3 mgK/l što prelazi MDK (12 mgK/l). Obje zone imaju pozitivan trend (Slika 4.10 i 4.11, Tablica 5.5).



Slika 4.10. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

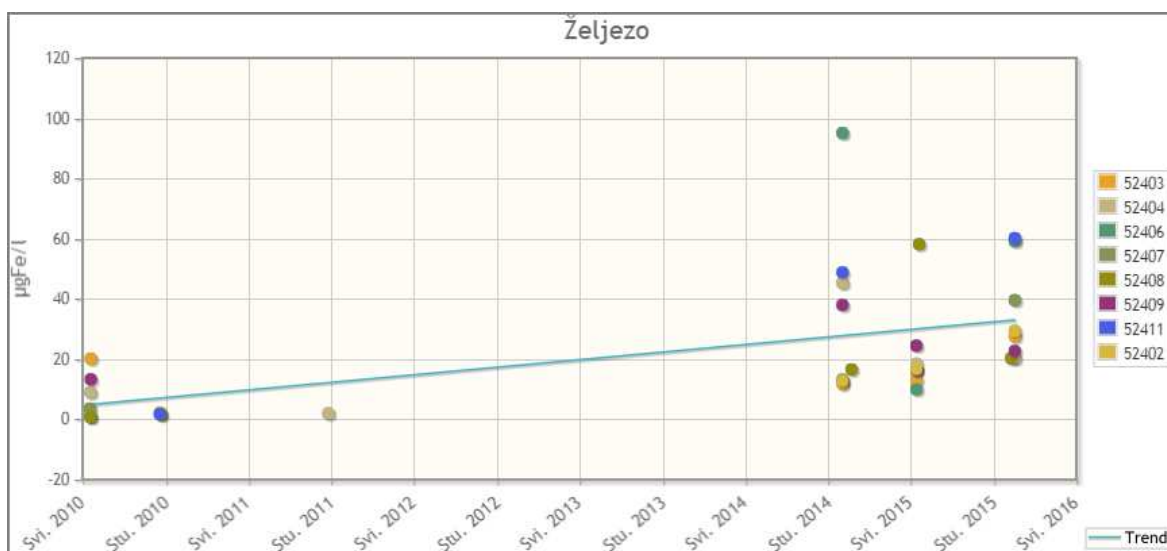


Slika 4.11. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Koncentracije teških metala također se mjere u zagrebačkom vodonosniku, od kojih su izdvojeni željezo (MDK 200 µg/l), mangan (MDK 50 µg/l) i olovo (MDK 10 µg/l).

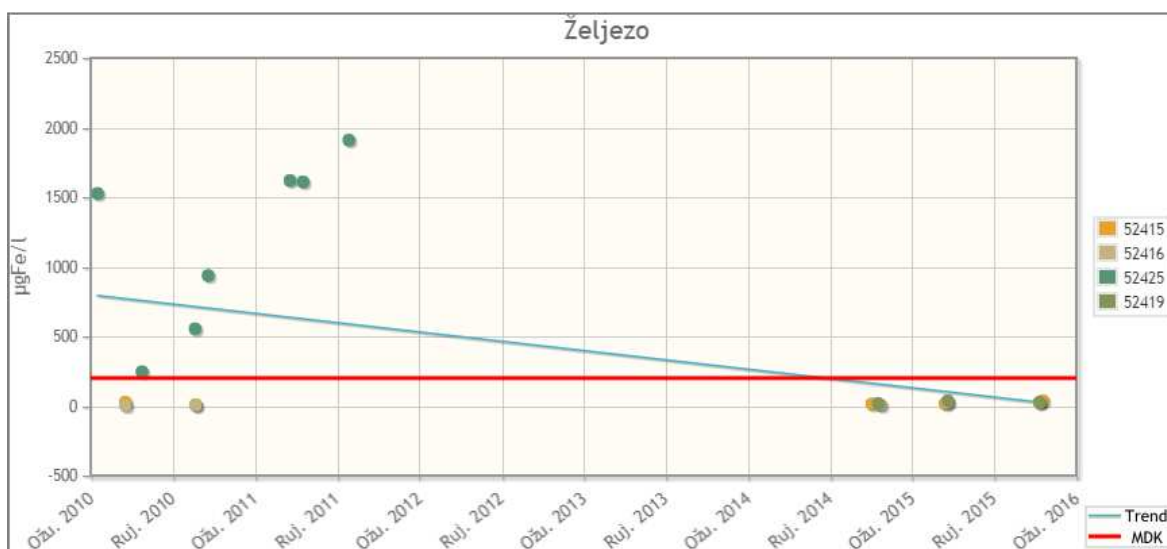


Koncentracije **željeza** na ovom području Zagreba su generalno minimalne, uz srednje vrijednosti od 23,24  $\mu\text{gFe/l}$ , ali su se vrijednosti krajem 2014. godine u drugoj sanitarnoj zoni Male Mlake naglo povisile do 95,1  $\mu\text{gFe/l}$  te imaju pozitivan trend (Slika 4.12, Tablica 5.6).



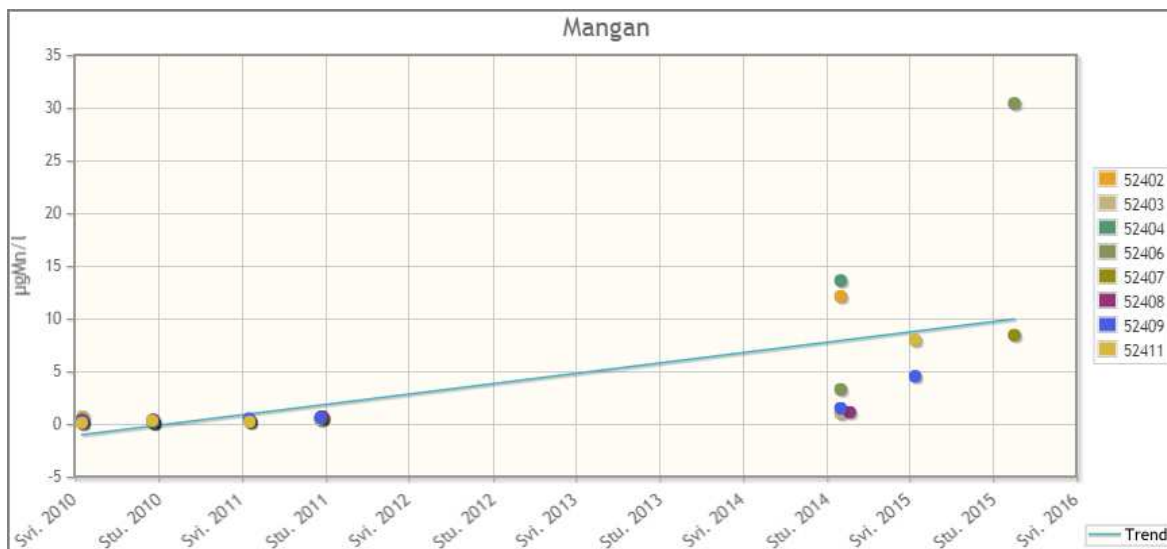
Slika 4.12. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

U trećoj zoni su na piezometru 52425 do 2011. godine registrirane ekstremno visoke koncentracije do 1910  $\mu\text{gFe/l}$  (MDK 200  $\mu\text{gFe/l}$ ). Nadalje su koncentracije minimalne do kraja 2015. godine uz negativan trend (Slika 4.13, Tablica 5.6).



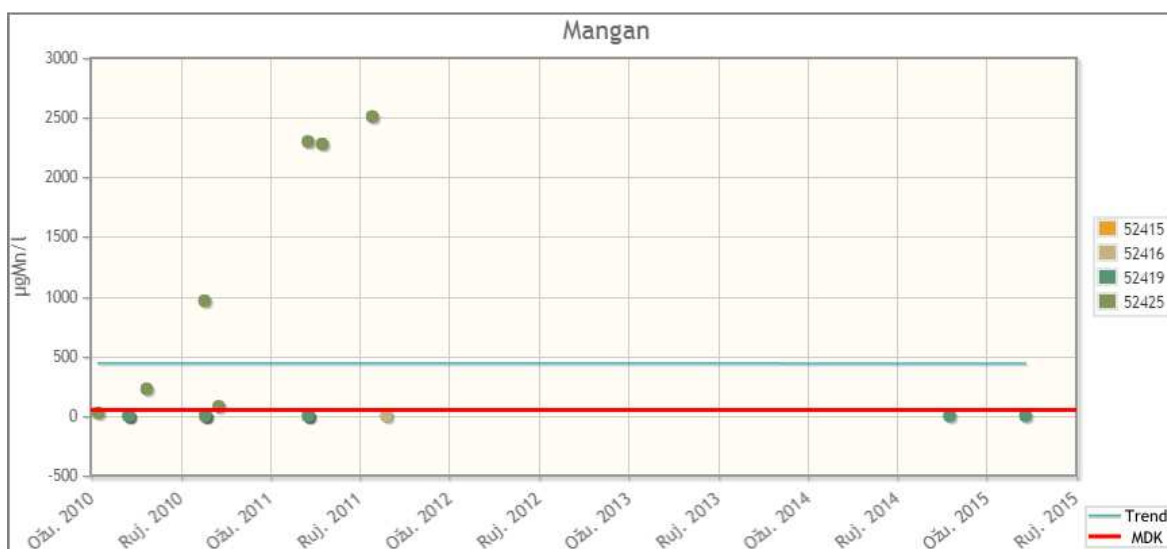
Slika 4.13. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

**Mangan** u podzemnoj vodi priljevnog područja crpilišta Male Mlake u drugoj zoni ima vrijednosti od 0,1  $\mu\text{gMn/l}$  do 30,4  $\mu\text{gMn/l}$  s prosjekom od 2,7  $\mu\text{gMn/l}$  uz pozitivan trend (Slika 4.14, Tablica 5.7).



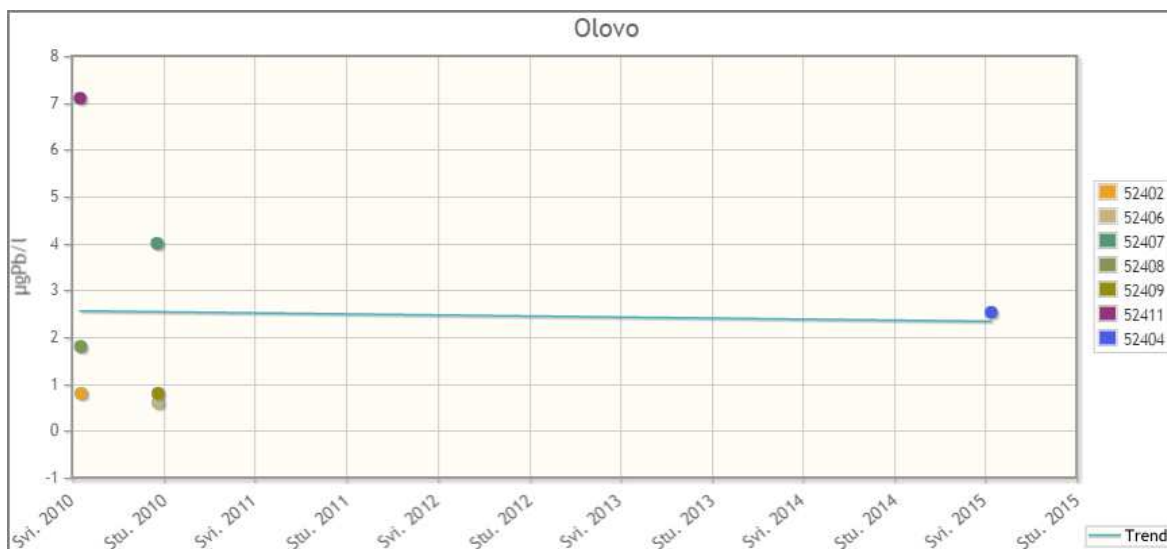
Slika 4.14. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

U trećoj zoni, kao i željezo, su koncentracije ekstremno visoke u razdoblju od 2010 - 2012. godine na piezometru 52425, te su u rasponu od 0,1 – 2510  $\mu\text{gMn/l}$  s prosječnom vrijednosti od 441,9  $\mu\text{gMn/l}$  što je ekstremno s obzirom da je MDK 50  $\mu\text{gMn/l}$  za mangan (Slika 4.15, Tablica 5.7).



Slika 4.15. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

**Olovo** u drugoj zoni sanitarne zaštite Male Mlake ima vrijednosti od 0,6 do 7,1  $\mu\text{gPb/l}$ , uz srednju vrijednost od 2,52  $\mu\text{gPb/l}$  i uz blago negativan trend (Slika 4.16, Tablica 5.8). U trećoj zoni su se vrijednosti približile MDK i maksimalna je iznosila 9  $\mu\text{gPb/l}$  uz prosječnu vrijednost od 6,28  $\mu\text{gPb/l}$ , te pozitivan trend (Slika 4.17, Tablica 5.8).



Slika 4.16. Sadržaj olova u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

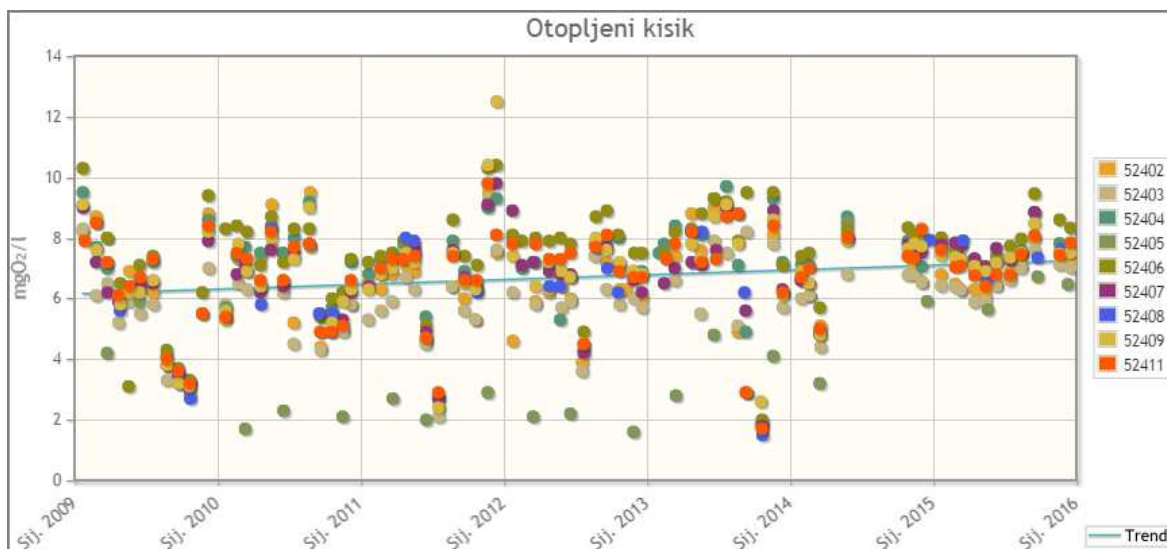


Slika 4.17. Sadržaj olova u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

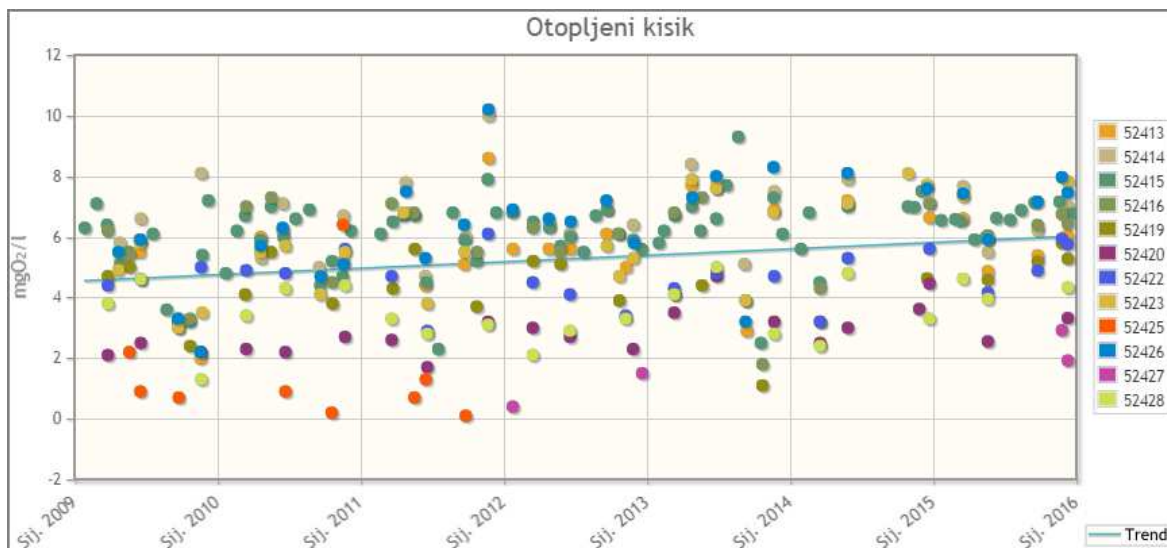
Koncentracije **otopljenog kisika** se kontinuirano prate na području zagrebačkoga vodonosnika. Ovaj parametar u Pravilniku (NN125/2013) nema zadanu MDK, ali je s obzirom na mikrobiološki život u podzemnim vodama jako utjecajan i važan podatak. Na području druge zaštitne zone Male Mlake otopljeni kisik uz prosječnu vrijednost 6,68

mgO<sub>2</sub>/l, maksimalna koncentracija dostiže do 12,5 mgO<sub>2</sub>/l te ima pozitivan trend (Slika 4.18, tbl 5.9).

Na području treće zone Male Mlake maksimalna vrijednost je 10,2 mgO<sub>2</sub>/l, uz pozitivan trend srednja vrijednost koncentracija iznosi 5,3 mgO<sub>2</sub>/l (Slika 4.19, Tablica 5.9).



Slika 4.18. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)



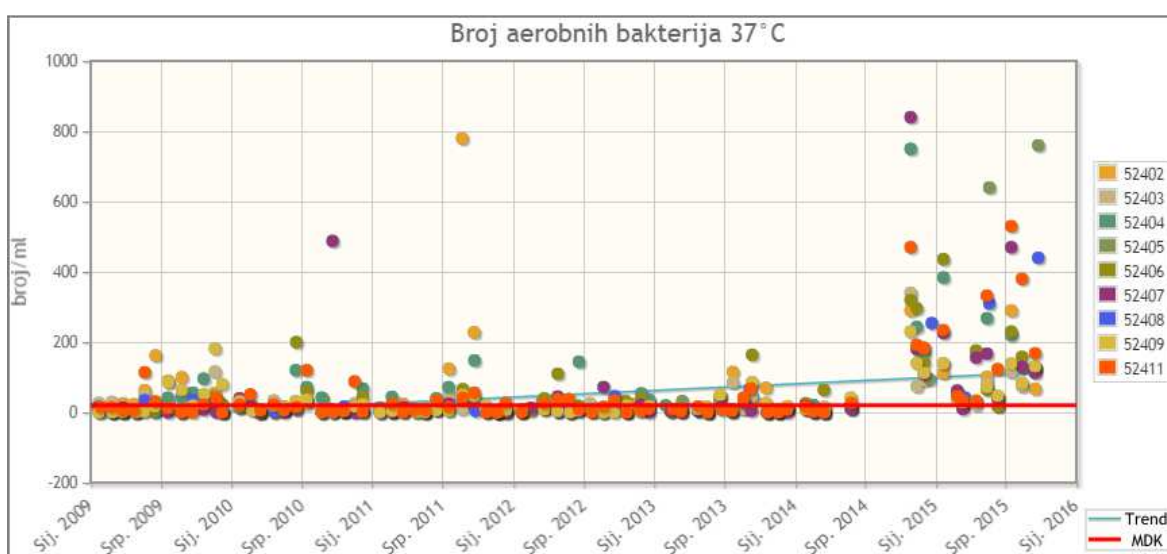
Slika 4.19. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

U Zagrebu se uz razne anorganske kemijske parametre kontinuirano mjere i količine mikroorganizama u podzemnoj vodi kao što su **aerobne bakterije**. Takve bakterije nastaju uz prisustvo kisika. Mjere im se količine pri inkubaciji na temperaturama 22°C u 72 sata i 37°C u 48 sati. Također se mjeri količina **ukupnog broja koliformnih bakterija** koje

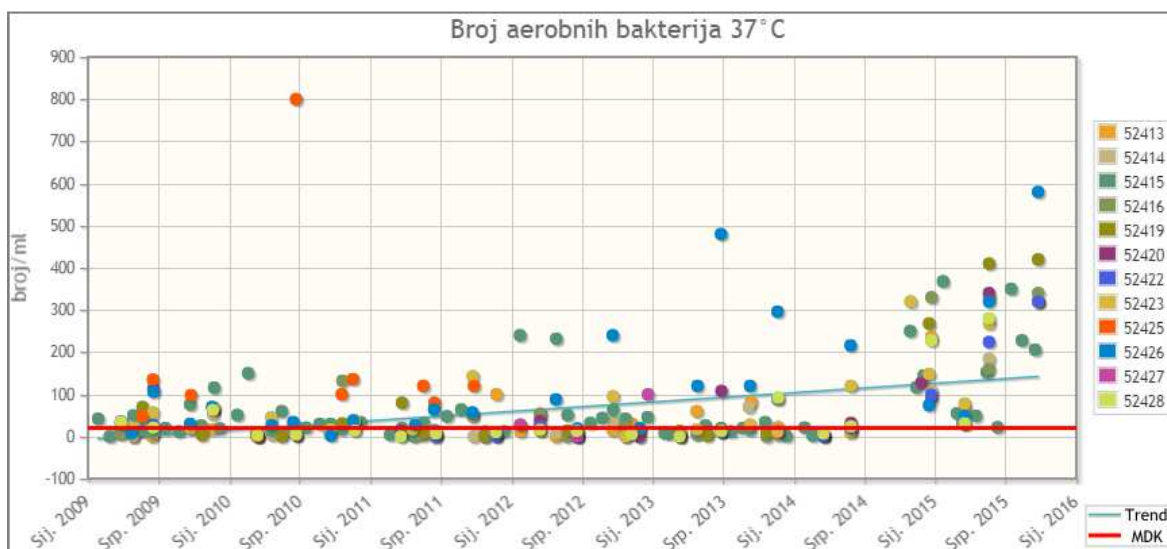
moгу biti fekalne i broj **Escherichia Coli** po jedinici volumena tekućine. Podaci o mikroorganizmima mogu se usporediti s koncentracijama otopljenog kisika.

Mjerene koncentracije (broj/ml) svih mikroorganizama od 2009. godine su visoke, a krajem 2014. godine ekstremno visoke s obzirom na njihov MDK.

**Aerobne bakterije na 37°C** u drugoj zoni sanitarne zaštite Male Mlake imaju raspon od 0 do 840/ml sa srednjim vrijednostima koncentracija od 47,48/ml uz pozitivan trend (Slika 4.20, Tablica 5.10). U trećoj zoni, uz također pozitivan trend se koncentracije kreću od 0 do 800/ml sa srednjom vrijednošću od 64,46/ml (Slika 4.21, Tablica 5.10).

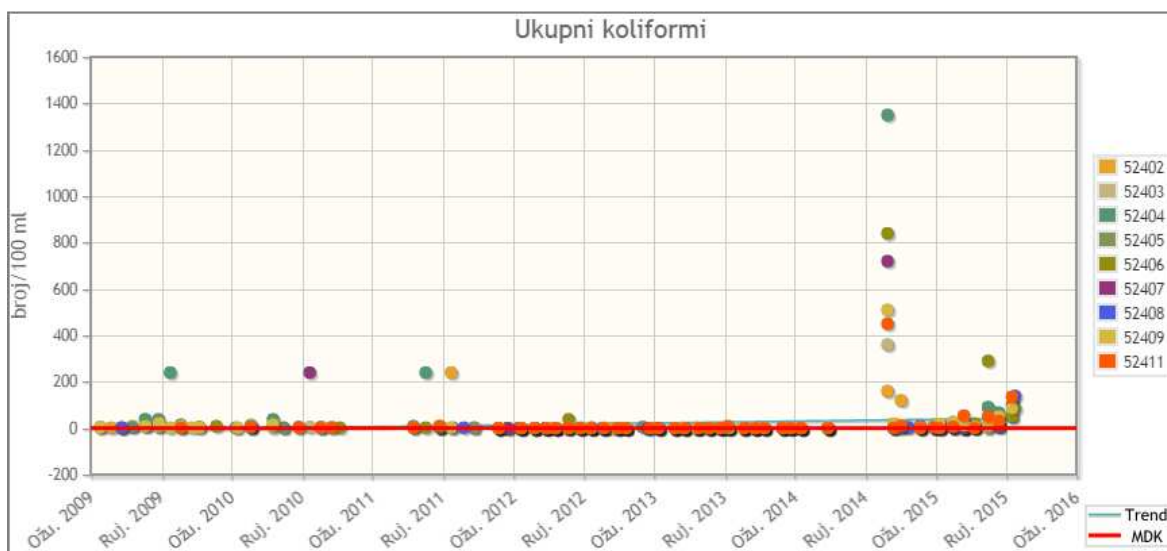


Slika 4.20. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

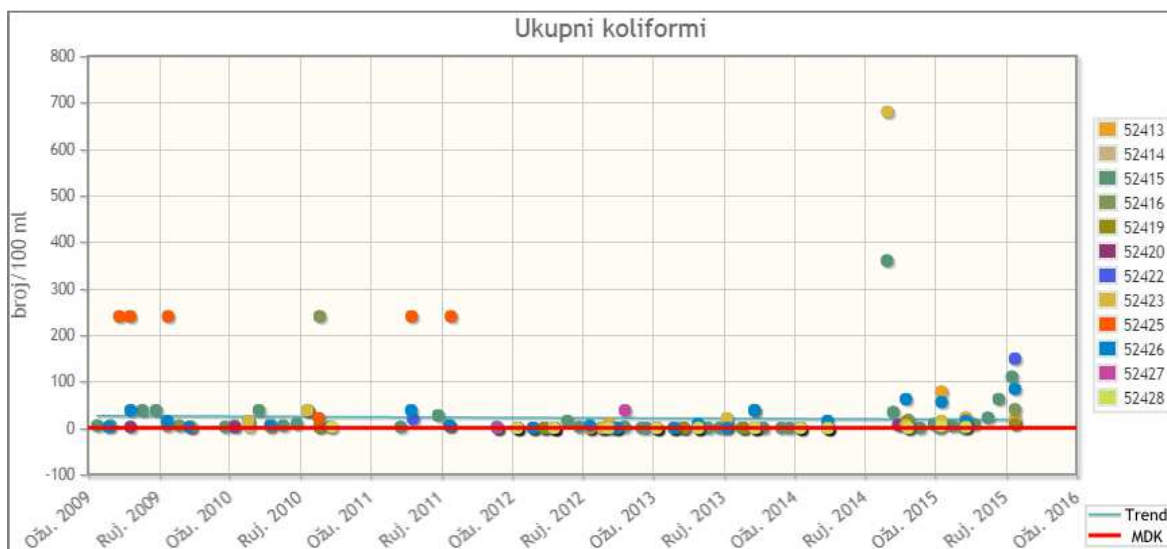


Slika 4.21. Brojaerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

**Koliformne bakterije**, kojih po Pravilniku NN125/13 u vodi za piće ne bi smjelo biti, imaju pozitivan trend, koncentracije do 1350/100ml, srednje vrijednosti od 22,5/100ml u drugoj (Slika 4.22, Tablica 5.11) i do 680/100ml u trećoj zoni (Slika 4.23, tbl 5.11) te srednje vrijednosti od 21,3/100ml.

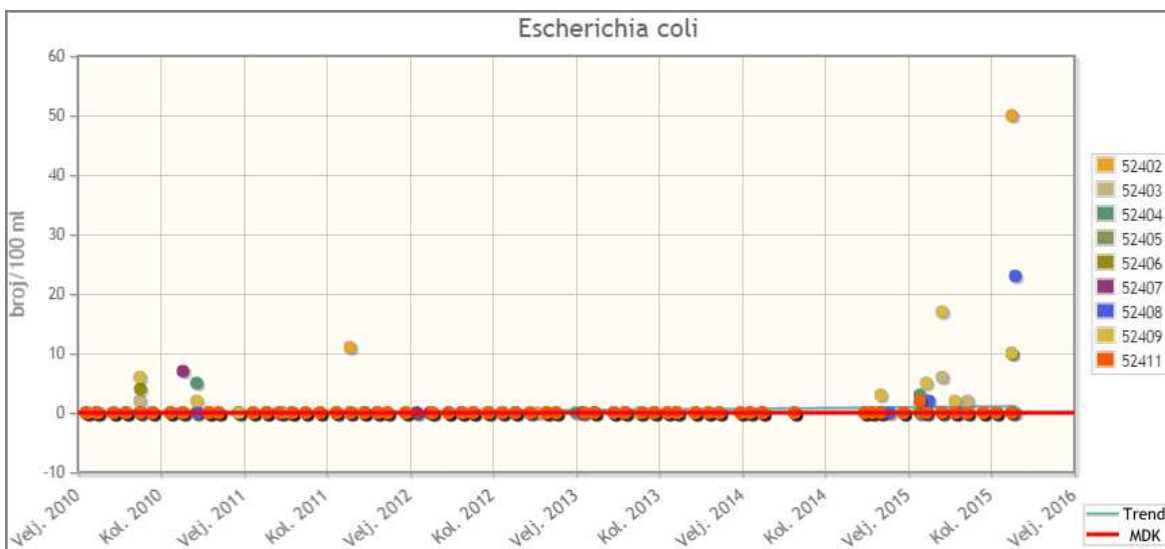


Slika 4.22. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

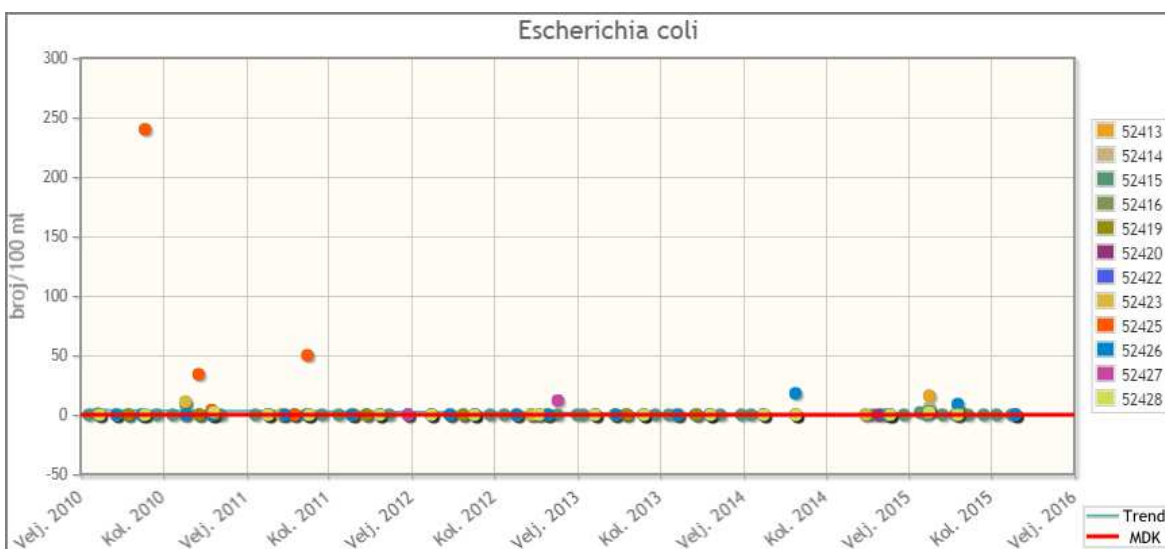


Slika 4.23. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Bakterije **Escherichia Coli** također imaju nagla povećanja koncentracija krajem 2014. godine u drugoj zoni sanitarne zaštite Male Mlake. Koncentracije im se kreću od 0 do 50/100 ml uz srednju vrijednost od 0,39/100 ml (Slika 4.24, Tablica 5.12). U trećoj zoni su srednje vrijednosti 1,86/100 ml uz negativan trend, ali su najveće koncentracije (240/100 ml) zabilježene u razdoblju od 2010 – 2011. godine na piezometru 52425 (Slika 4.25, Tablica 5.12).

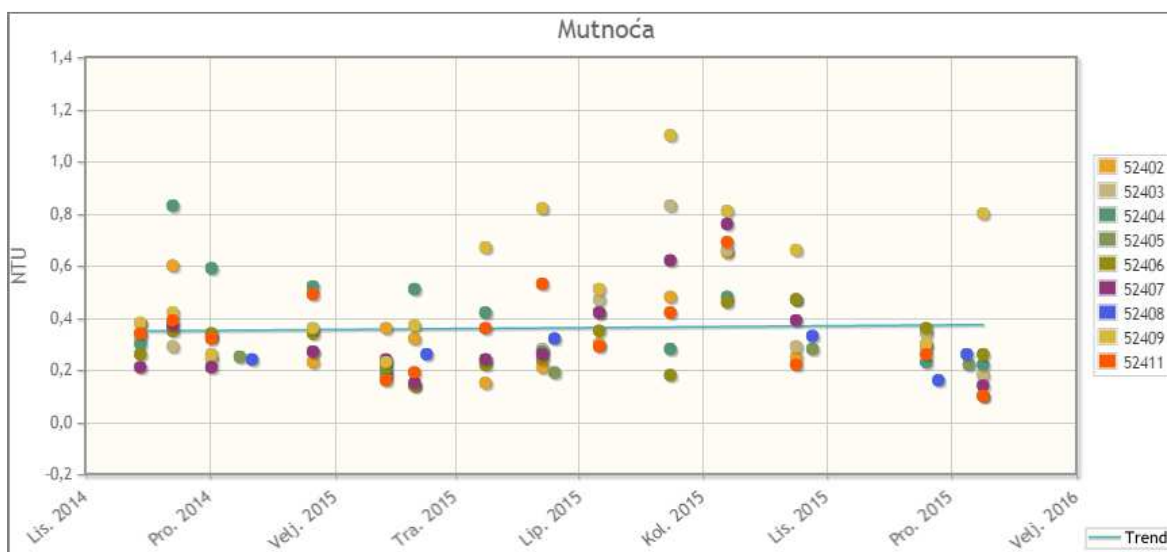


Slika 4.24. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

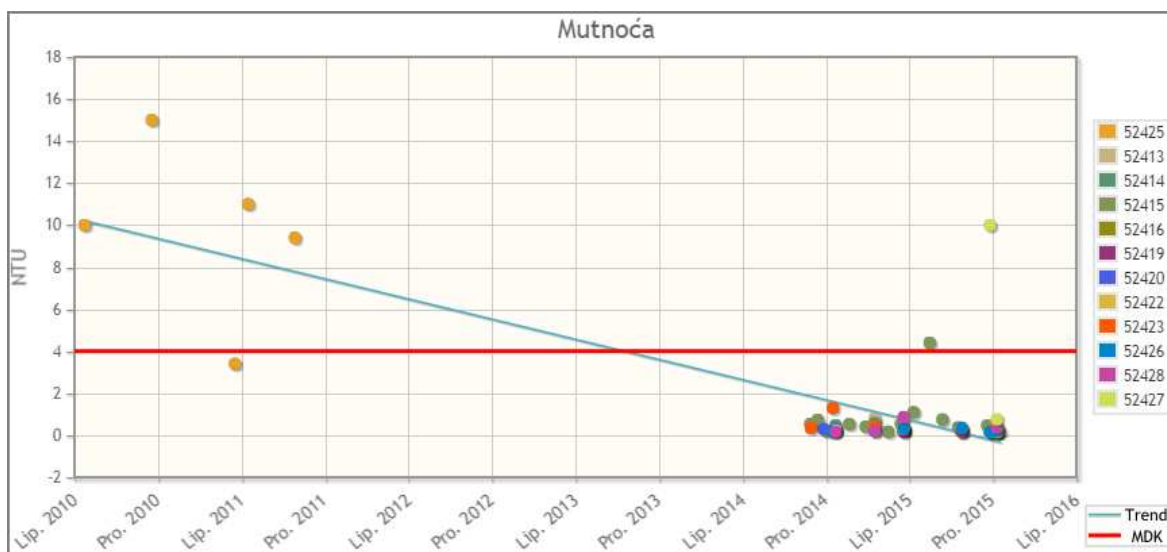


Slika 4.25. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)

Kao još jedan indikator kakvoće podzemne vode koristi se parametar **mutnoće** u mjernoj jedinici NTU (engl. **Nephelometric Turbidity Units**). Vrijednosti mutnoće u podzemnoj vodi u drugoj sanitarnoj zoni Mala Mlake su bile minimalne do kraja 2014. godine ( $<0,01$  NTU). Od tada su zabilježene vrijednosti do 1,1 NTU, te imaju pozitivan trend (Slika 4.26, Tablica 5.13). U trećoj zoni su piezometrima 52425, 52415 i 52427 zabilježene vrijednosti do maksimalnih 15 NTU, što prelazi MDK od 4 NTU (Slika 4.27, Tablica 5.13) propisan Pravilnikom NN 125/2013.



Slika 4.26. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 2. zone)

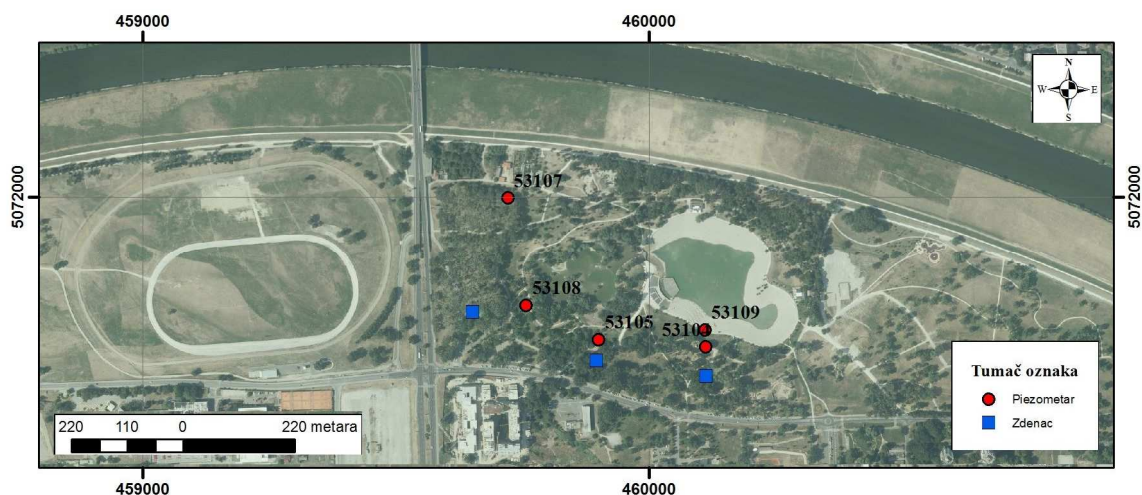


Slika 4.27. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Mala Mlaka (područje 3. zone)



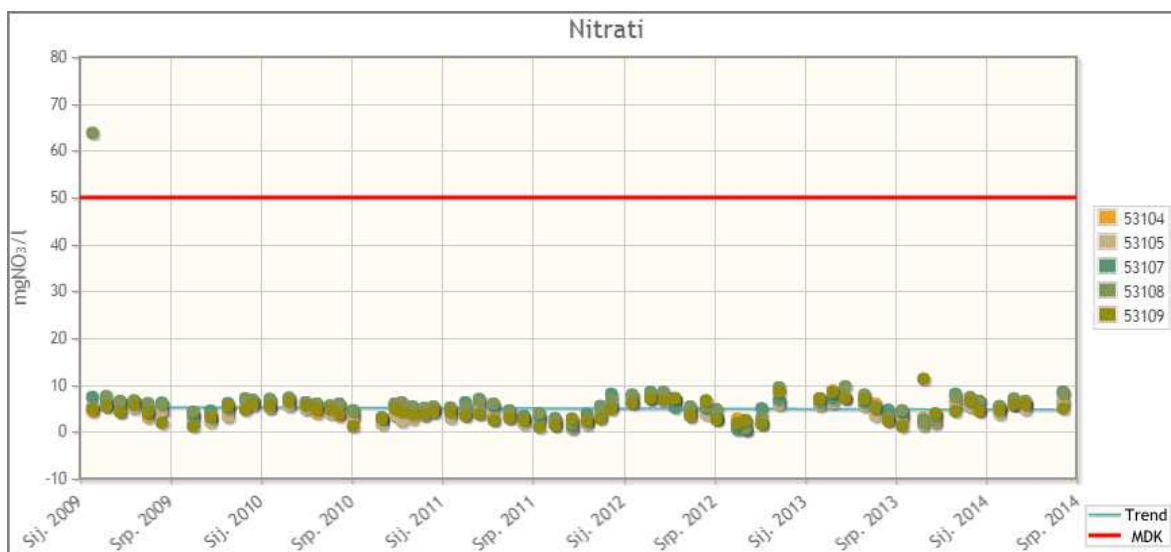
## 4.2 Priljevno područje crpilišta Zaprude

Sliv crpilišta Zaprude nalazise uz jezero Bundek, između rijeke Save, Hipodroma i naselja Zaprude. Na pet piezometara (šifre 53104, 53105, 53107, 53108 i 53109) unutar druge zone sanitarne zaštite, kontinuirano se prati kakvoća podzemne vode (Slika 4.28).



Slika 4.28. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Zaprude

Koncentracije **nitrate** u priljevnom području crpilišta Zaprude su od 0,443 do 63,8 mgNO<sub>3</sub>/l (kao izolirani slučaj početkom 2009. godine). Srednje vrijednosti su 5,02 mgNO<sub>3</sub>/l, što je u sigurnim granicama propisane MDK (50 mgNO<sub>3</sub>/l). Na grafu se primjećuju godišnje fluktuacije unutar 10 mgNO<sub>3</sub>/l, što potvrđuje sezonsku povezanost uz poljoprivrednu aktivnost (Slika 4.29, Tablica 5.1).



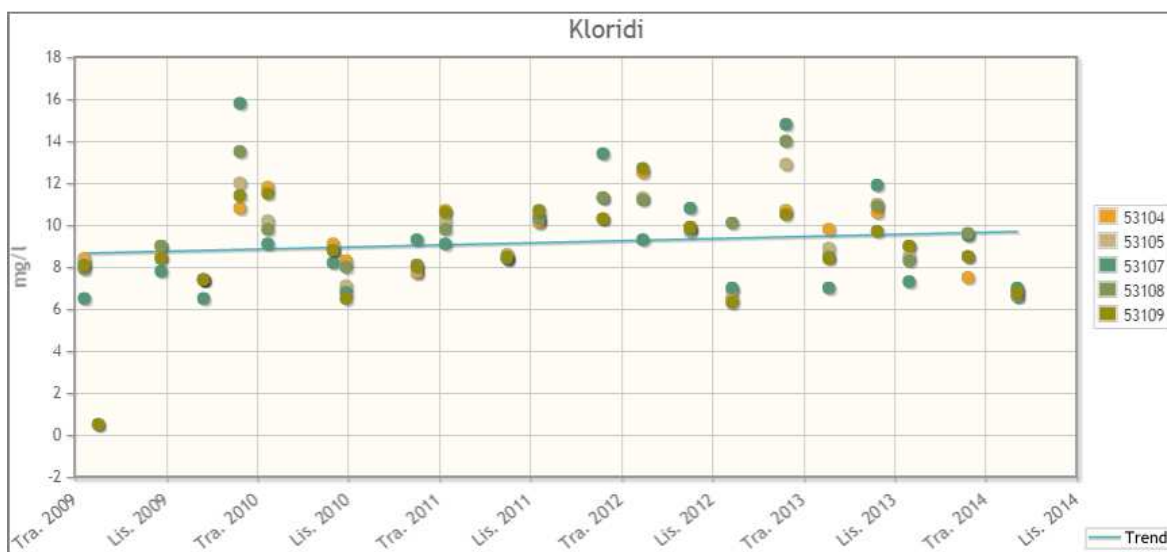
Slika 4.29. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude

**Pesticidi i herbicidi** se na priljevnom području crpilišta Zapruđe mjere dva puta godišnje na samo dva piezometra (53104, 53105). Podaci o koncentracijama se čine konstantnim i minimalnim uz pretpostavku da su mjerenja točna.

Koncentracije herbicida **atrazina** na priljevnom području crpilišta Zapruđe su manje od 0,01 µg/l (Tablica 5.2).

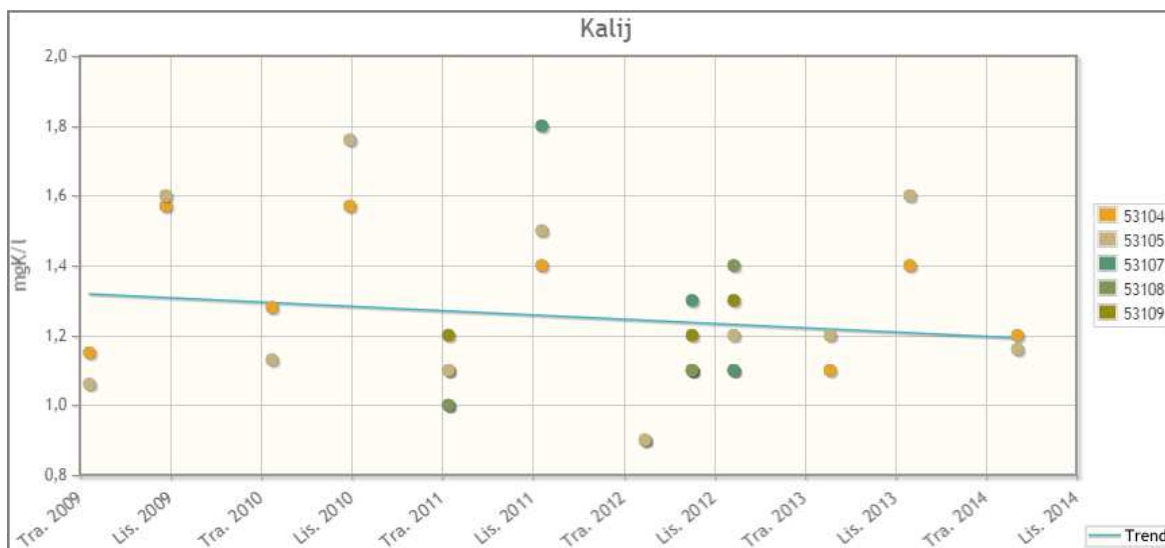
Kemijski spojevi **trikloreten** i **tetrakloreten** na priljevnom području crpilišta Zapruđe također se mjere jednom godišnje na piezometrima 53104 i 53105. Imaju maksimalne koncentracije manje od 0,1 µg/l (Tablica 5.3).

Sadržaj **klorida** u podzemnoj vodi na području Zapruđa se prosječno mjeri tri puta godišnje. Prisutne su niske koncentracije od 0,5 do 15,8 mg/l, srednje vrijednosti od 9,16 mg/l uz pozitivan trend što je nisko s obzirom na MDK od 250 mg/l (Slika 4.30, Tablica 5.4).



Slika 4.30. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe

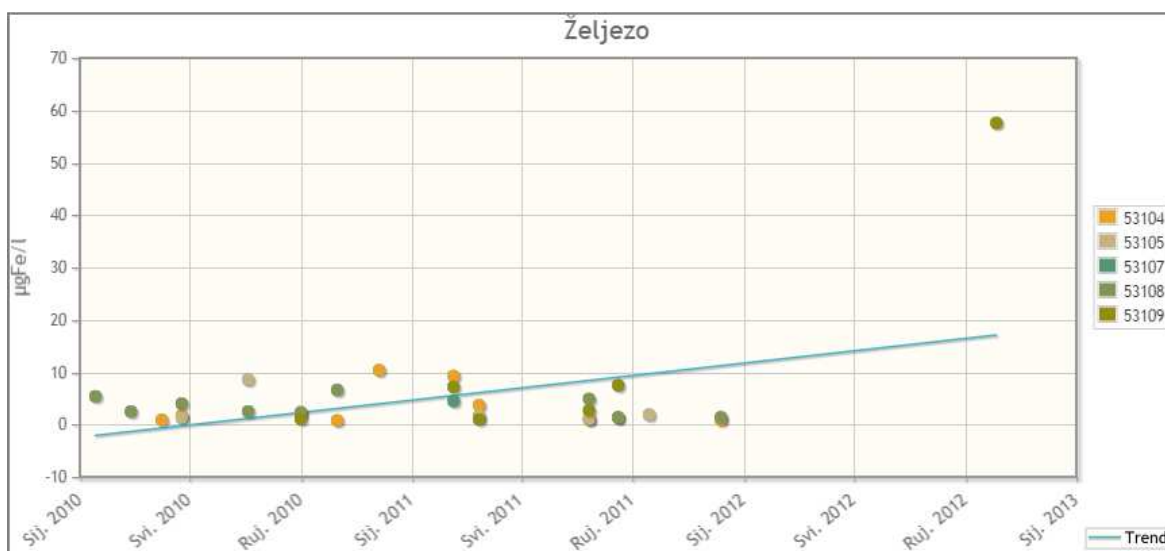
Koncentracije **kalija** u priljevnom području crpilišta Zapruđe imaju niske vrijednosti 0,9 - 1,8 mgK/l, te uz negativan trend imaju srednju vrijednost od 1,25 mgK/l (Slika 4.31, Tablica 5.5).



Slika 4.31. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude

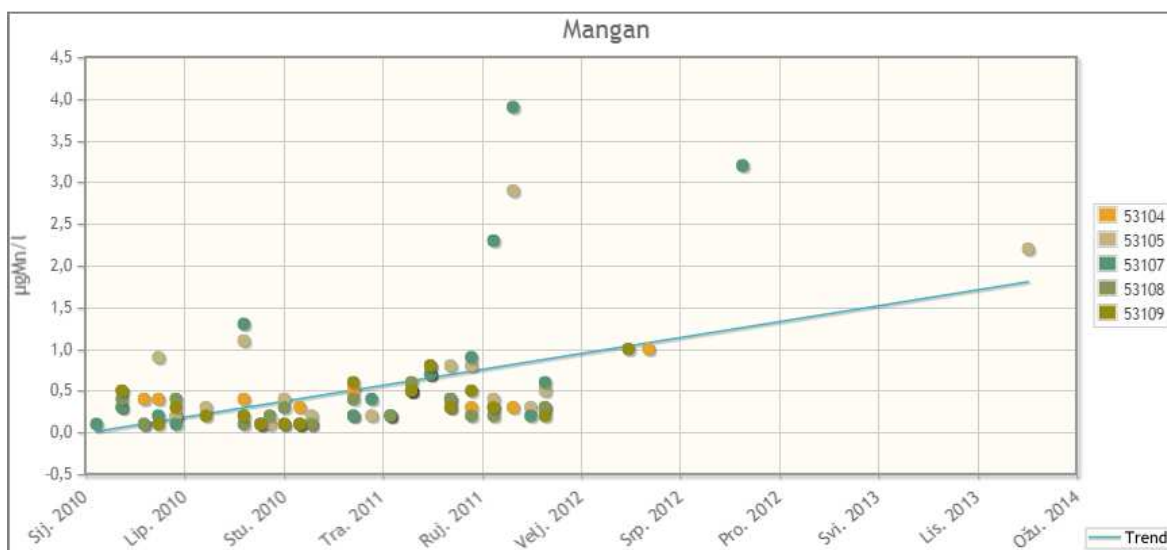
**Teški metali** se na priljevnom području crpilišta Zaprude prosječno mjere dva puta godišnje.

Koncentracije **željeza** su generalno u rasponu od 0,8 do 10  $\mu\text{gFe/l}$  u razdoblju od 2010 – 2012. godine (Slika 4.32, Tablica 5.6), uz srednju vrijednost 5,14  $\mu\text{gFe/l}$ , te uz pozitivan trend dostižu najvišu vrijednost od 57,6  $\mu\text{gFe/l}$  (MDK = 200  $\mu\text{gFe/l}$ ).



Slika 4.32. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude

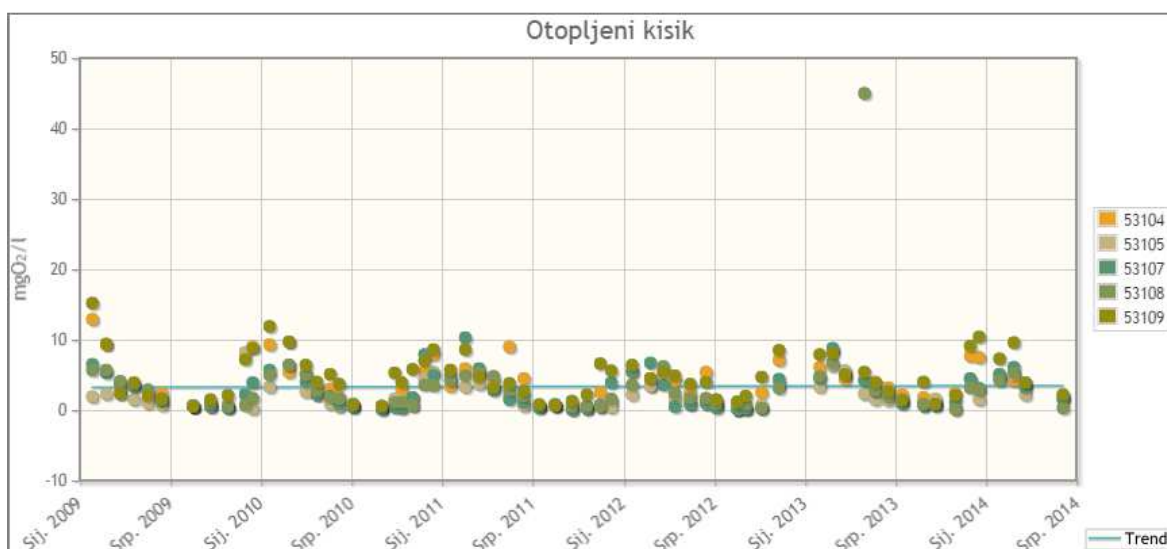
**Mangan** ima niske koncentracije do 3,9  $\mu\text{gMn/l}$  (MDK = 50  $\mu\text{gMn/l}$ ), uz srednju vrijednost 0,52  $\mu\text{gMn/l}$  i pozitivan trend (Slika 4.33, Tablica 5.7).



Slika 4.33. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude

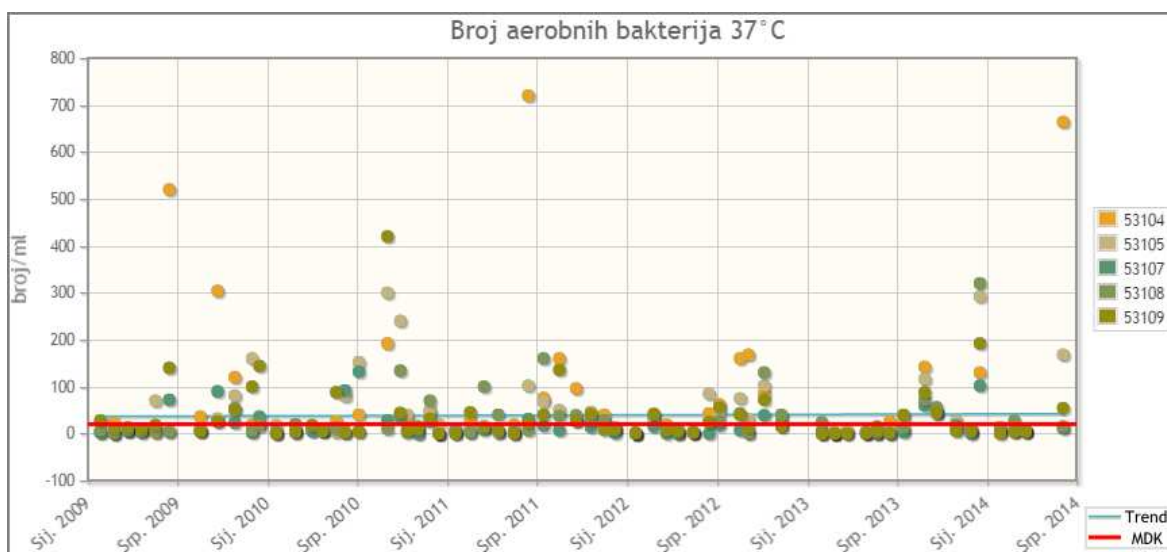
**Olovo** u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude ima koncentracije detektirane manje od 10  $\mu\text{gPb/l}$  (MDK = 10  $\mu\text{gPb/l}$ ), uz samo dvije egzaktne vrijednosti gdje je maksimalna koncentracija 8,4  $\mu\text{gPb/l}$ , srednja vrijednost od 4,85  $\mu\text{gPb/l}$  i negativan trend (Tablica 5.8).

Koncentracije **otopljenog kisika** kreću se od 0,1 do 11  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , prosječno 3,4  $\text{mgO}_2/\text{l}$  bez izraženog trenda. Izolirani slučaj (vjerojatno gruba pogreška u mjerenju) u prvoj polovici 2013. godine je 45  $\text{mgO}_2/\text{l}$  na piezometru 53108 kao maksimalna vrijednost na području Zapruda (Slika 4.34, Tablica 5.9).



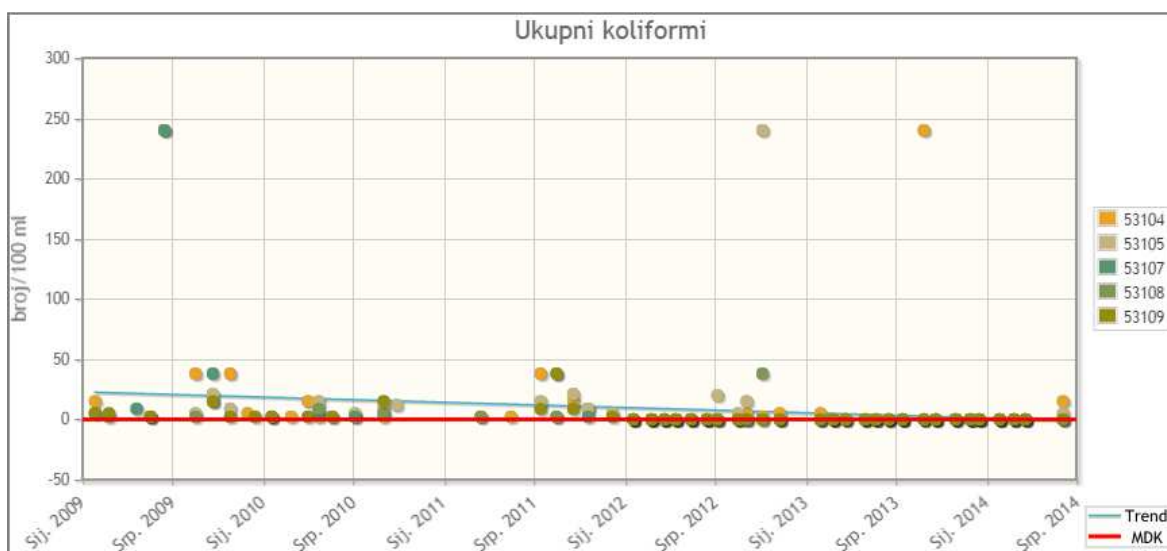
Slika 4.34. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Zaprude

Količine **aerobnih bakterija** mjerene pri temperaturi od 37°C imaju maksimalnu vrijednost 720/ml. Srednja vrijednost im je 39,38/ml (Slika 4.35, Tablica 5.10).



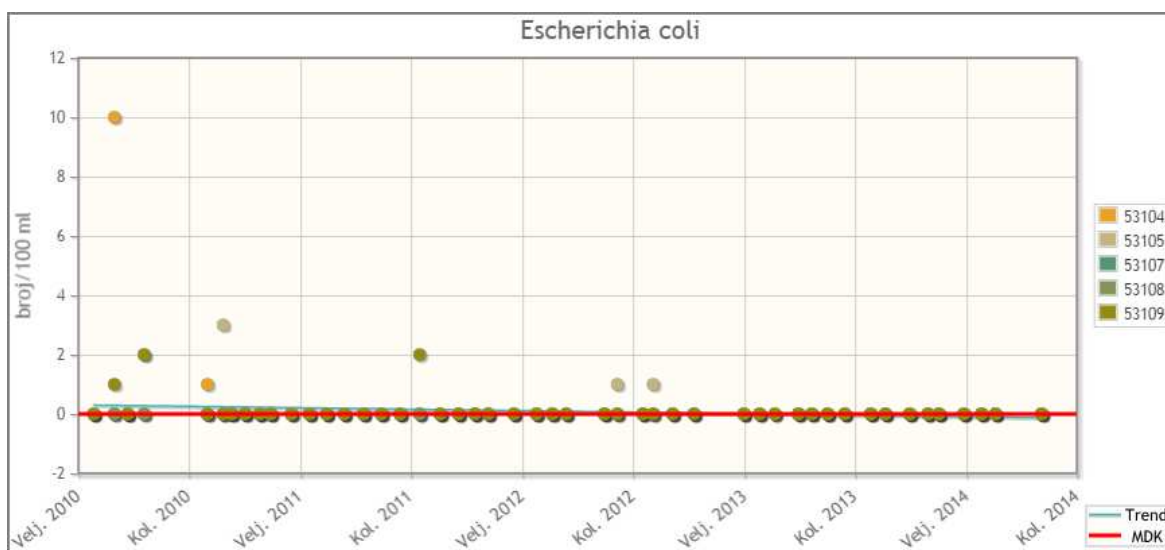
Slika 4.35. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe

**Koliformne bakterije** kojih nebi smjelo biti u podzemnoj vodi, na piezometrima crpilišta Zapruđe imaju vrijednosti do 240/100ml, uz srednju vrijednost od 8,45/100ml i negativan trend (Slika 4.36, Tablica 5.11).



Slika 4.36. Broj koliformnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe

**Escherichia Coli** bakterije imaju na priljevnom području crpilišta Zapruđe maksimalnu vrijednost od 10/100 ml, srednju 0,1/100 ml te negativan trend (Slika 4.37, Tablica 5.12).



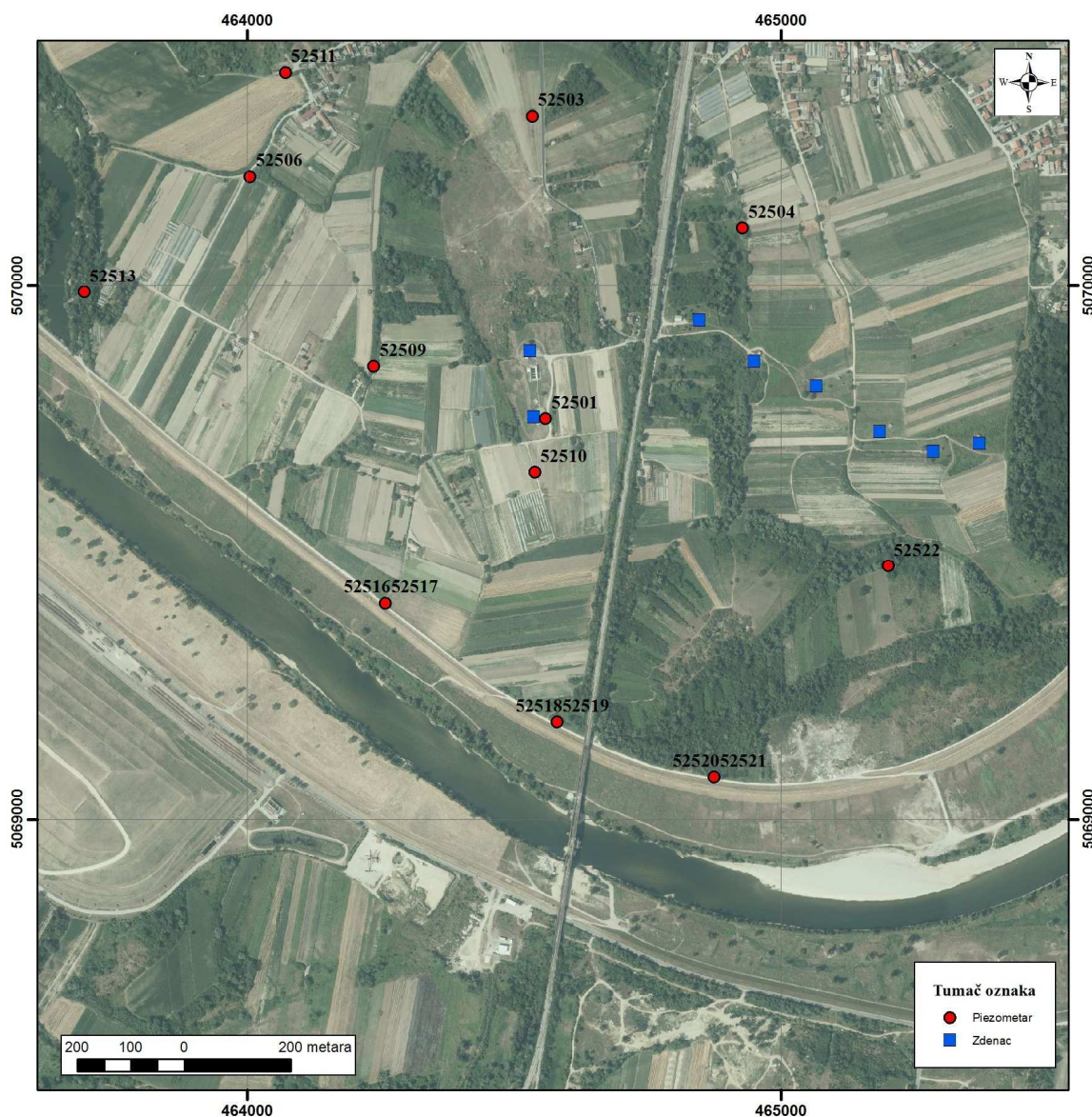
Slika 4.37. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe

**Mutnoća** u podzemnoj vodi priljevnog područja crpilišta Zapruđe ima samo jednu izmjerenu vrijednost od 1,6 NTU u siječnju 2012. godine (Tablica 5.13).

### 4.3 Priljevno područje crpilišta Petruševac

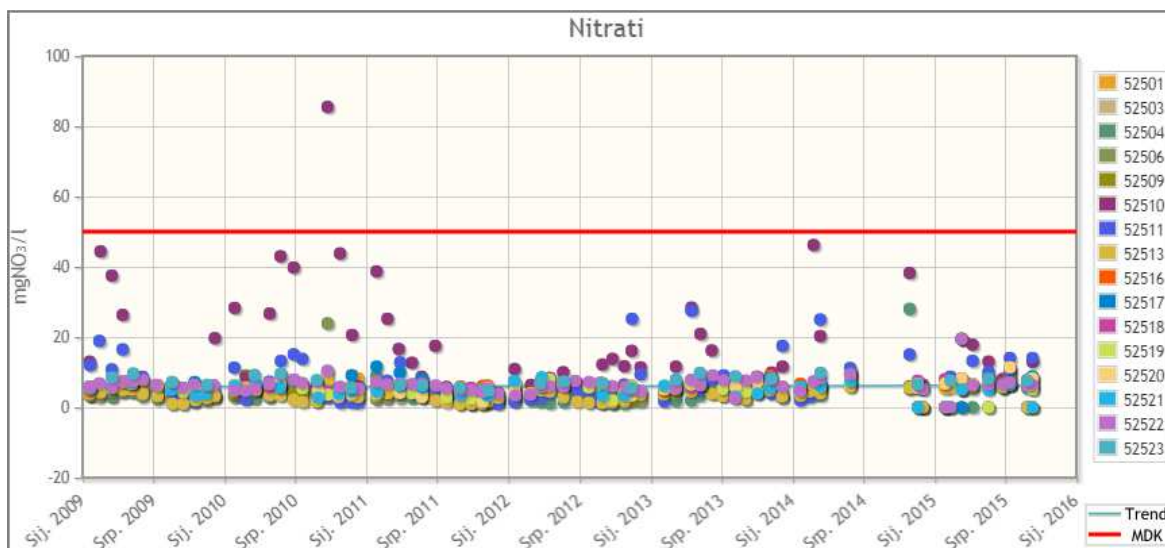
Zagrebačko najveće crpilište Petruševac u vodoopskrbnom sustavu daje crpne količine do 2000 l/s. Smješteno je između Save i naselja Petruševac.

Parametri kakvoće podzemne vode prate se u 16 piezometara koji se nalaze u drugoj zoni sanitarne zaštite (šifre: 52501, 52503, 52504, 52506, 52509, 52510, 52511, 52513, 52516, 52517, 52518, 52519, 52520, 52521, 52522 i 52523), čije lokacije su prikazane na slici 4.38.



Slika 4.38. Lokacije piezometara u priljevnom području crpilišta Petruševac

**Nitrati** u priljevnom području crpilišta Petruševac imaju srednje vrijednosti od 6,1 mgNO<sub>3</sub>/l, uz neizražen trend. Maksimalna vrijednost koja prelazi MDK 50 mgNO<sub>3</sub>/l uočava se na piezometru 52510 te iznosi 85,5 mgNO<sub>3</sub>/l (Slika 4.39, Tablica 5.1).

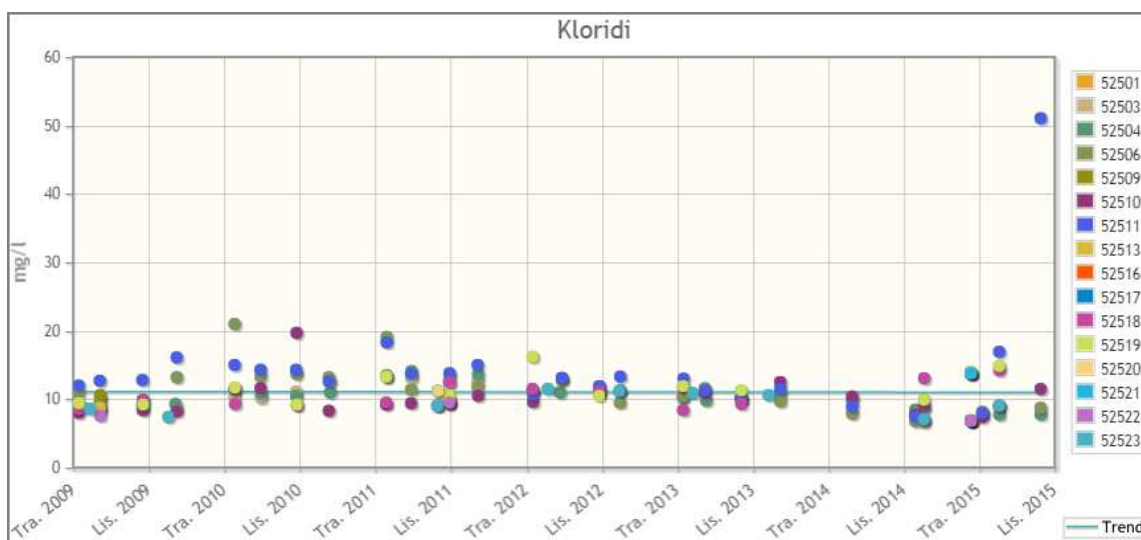


Slika 4.39. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

Pesticidi i herbicidi se u priljevnom području crpilišta Petruševac mjere dva puta godišnje. Koncentracije **atrazina** su minimalne, jedini egzaktan podatak postoji krajem 2011. godine i iznosi 0,007 µg/l (Tablica 5.2), dok su maksimalno detektirane koncentracije <0,05 µg/l.

**Suma trikloretena i tetrakloretena** također je mjerena dva puta godišnje i ima minimalne koncentracije, znatno ispod MDK.

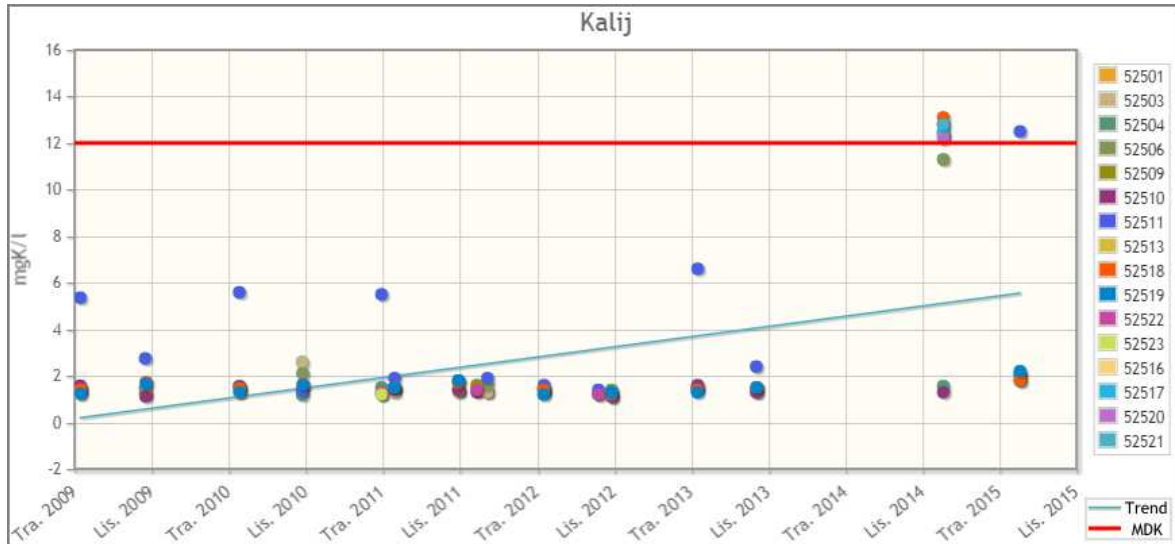
**Kloridi** u podzemnoj vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac imaju minimalne koncentracije, srednje vrijednosti od 11,05 mg/l, te se samo na jednom piezometru pojavio maksimum od 51,07 mg/l, što je značajno ispod MDK od 250 mg/l (Slika 4.40, Tablica 5.4).



Slika 4.40. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

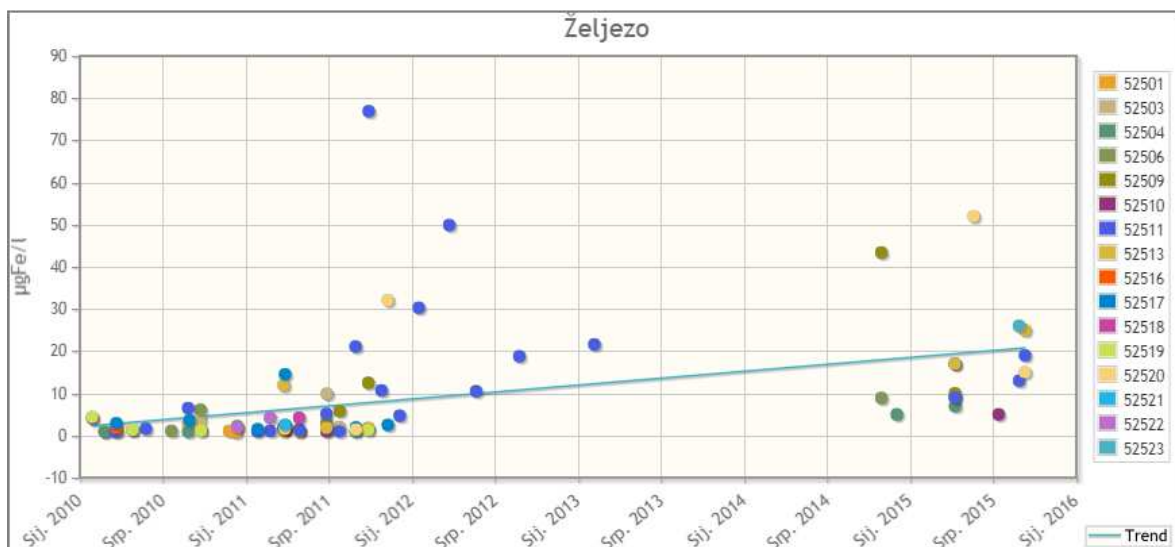


Sadržaj **kalija** u priljevnom području ovog crpilišta ima srednje vrijednosti 2,66 mgK/l, te je uz pozitivan trend krajem 2014. godine premašio MDK od 12 mgK/l s maksimalnom vrijednošću od 13,1 mgK/l (Slika 4.41, Tablica 5.5).



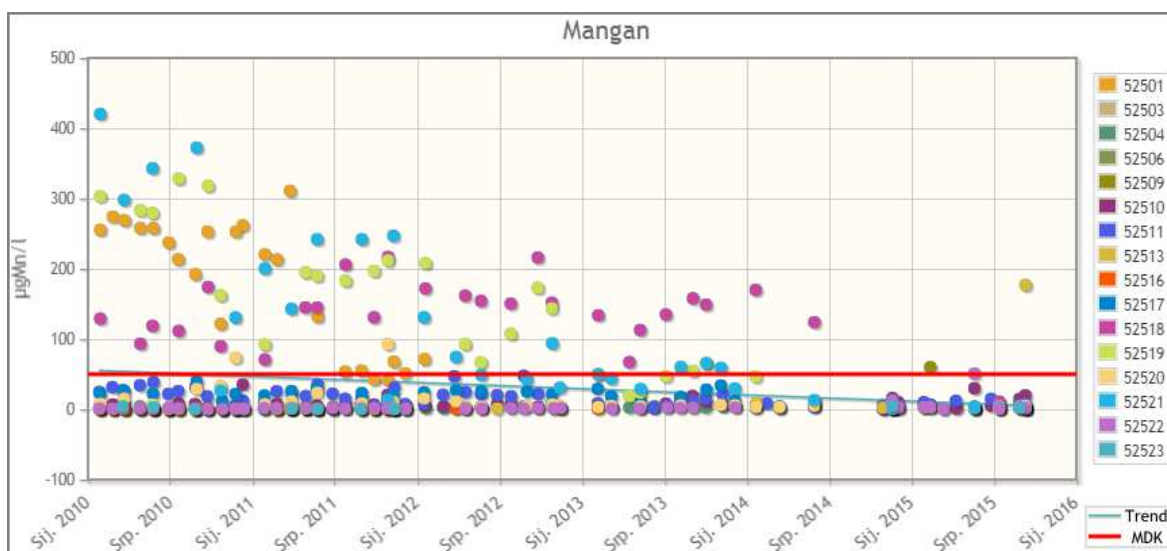
Slika 4.41. Sadržaj kalija u vodi priljevnom područja crpilišta Petruševac

**Željezo** u ovom dijelu vodonosnika ima pozitivan trend. Na većini piezometara su koncentracije niske sasrednjom vrijednošću od 8,6  $\mu\text{gFe/l}$ , ali na 52511 i 52520 u piezometrima su uočene povećane koncentracije, do maksimalne 76,9  $\mu\text{gFe/l}$ , ali znatno su ispod MDK od 200  $\mu\text{gFe/l}$  (Slika 4.42, Tablica 5.6).



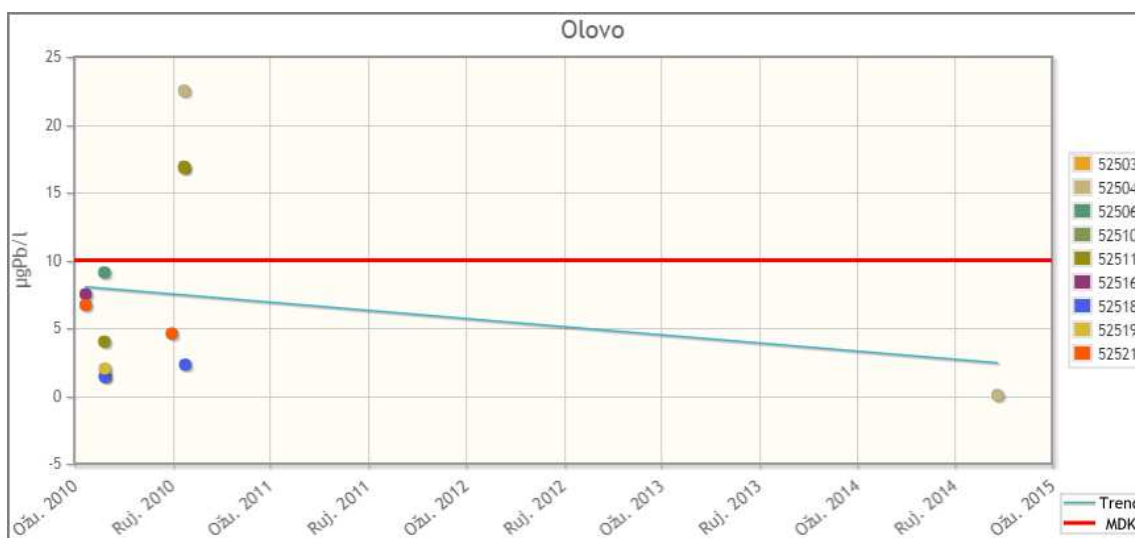
Slika 4.42. Sadržaj željeza u vodi priljevnom područja crpilišta Petruševac

U vodonosniku na priljevnom području crpilišta Petruševac **mangan** ima ekstremno visoke koncentracije u četiri piezometra (šifre 52513, 52518, 52519 i 52521), gdje koncentracije dosežu do maksimalnih 420,4  $\mu\text{gMn/l}$ . Uz negativan trend, ostali piezometri su generalno unutar MDK od 50  $\mu\text{gMn/l}$  uz prosječnu vrijednost 35,34  $\mu\text{gMn/l}$  (Slika 4.43, Tablica 5.7).



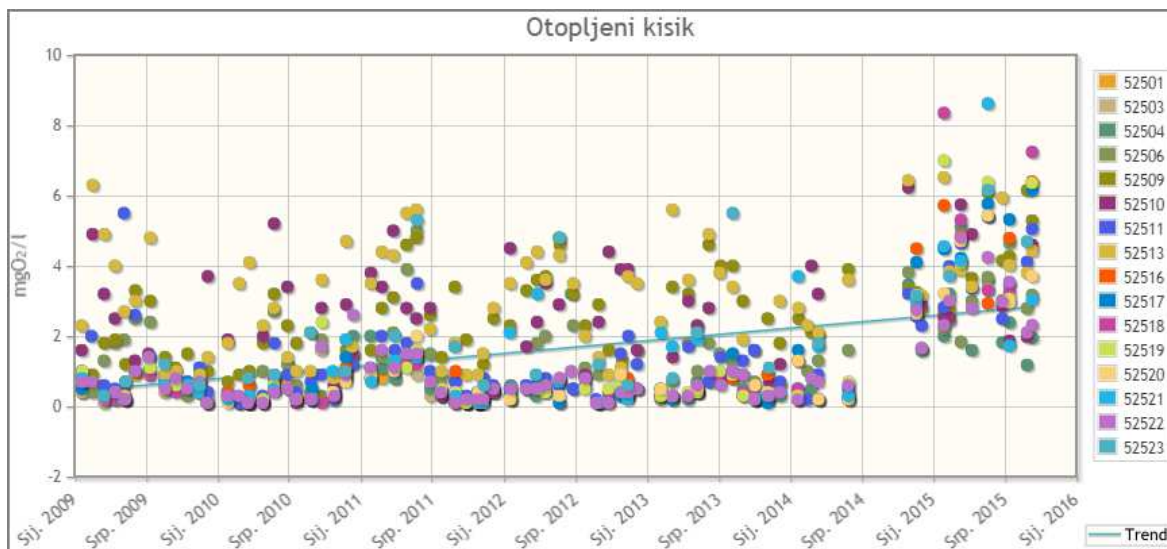
Slika 4.43. Sadržaj mangana u vodi priljavnog područja crpilišta Petruševac

**Olovo** u podzemnoj vodi na priljevnom području crpilišta Petruševac je u mjerenjima znatno premašilo MDK u rujnu 2010. godine. Maksimalna izmjerena koncentracija je tada iznosila 22,5  $\mu\text{gPb/l}$  na piezometru 52504 (MDK = 10  $\mu\text{gPb/l}$ ). S obzirom na niz godina bez mjerenih podataka, ima srednju vrijednost od 7,34  $\mu\text{gPb/l}$  i negativan trend, te pada na minimalnu vrijednost u početku 2015. godine (Slika 4.44, Tablica 5.8).



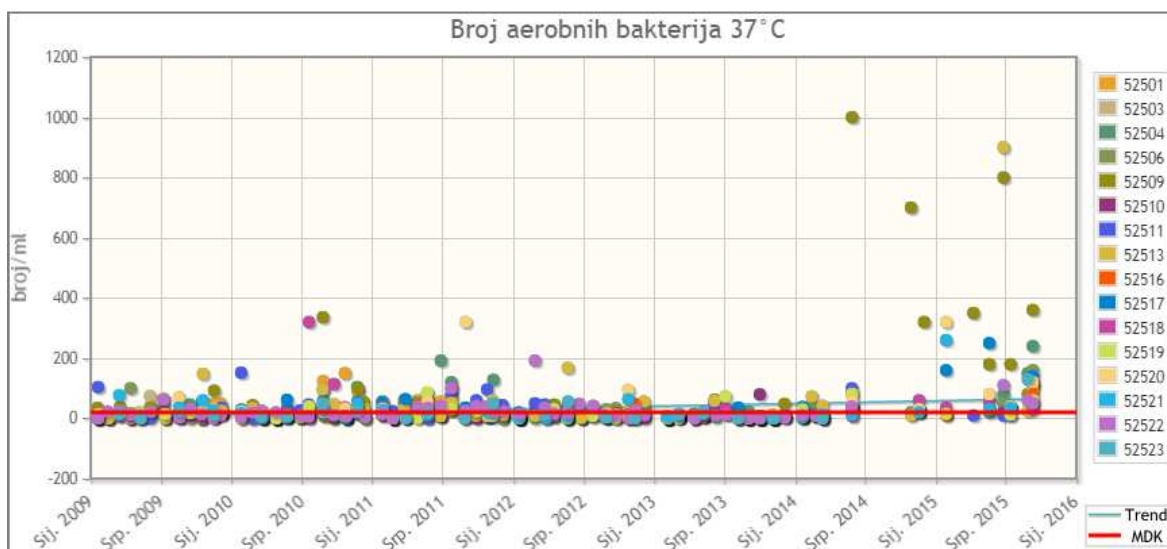
Slika 4.44. Sadržaj olova u vodi priljavnog područja crpilišta Petruševac

**Otopljeni kisik** ima strmi pozitivan trend, te „skok“ u vrijednostima krajem 2014. godine. Koncentracije se kreću od 0,1 do 8,62 mgO<sub>2</sub>/l, uz srednju vrijednost od 1,54 mgO<sub>2</sub>/l (Slika 4.45, Tablica 5.9).



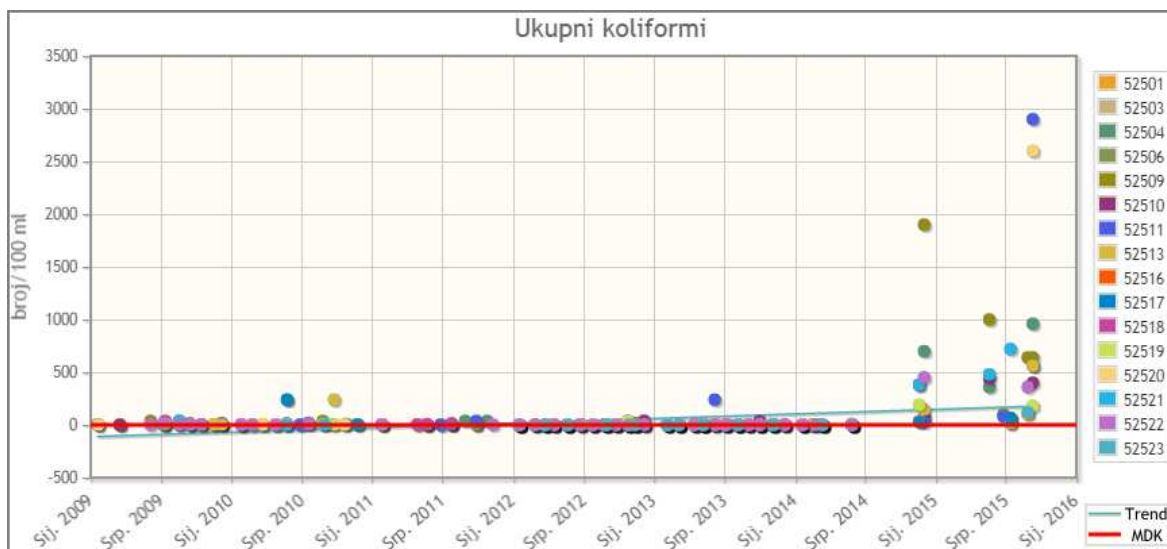
Slika 4.45. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

Na priljevnom području crpilišta Petruševac, u podzemnoj vodi je izmjeren ekstremno velik broj **aerobnih bakterija** laboratorijskim testiranjem pri inkubaciji na 37 °C. Maksimalna vrijednost je dobivena na piezometru 52509 i to 1000/ml. Do 2014. godine broj bakterija po mililitru nije prelazio 400/ml. Trend je pozitivan uz srednju vrijednost 30,54/ml (Slika 4.46, Tablica 5.10).



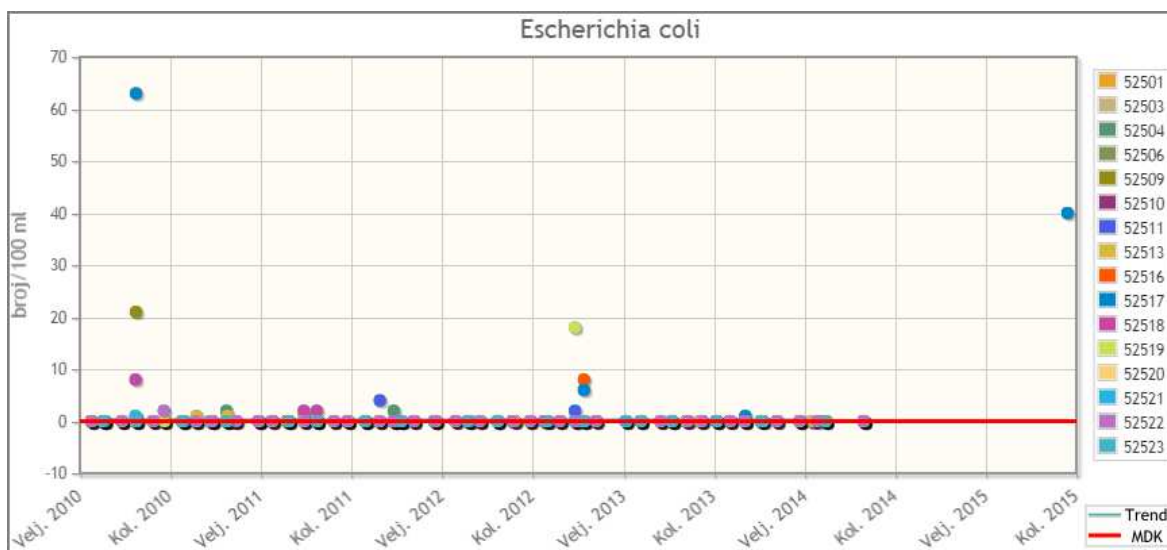
Slika 4.46. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

**Ukupan broj koliformnih bakterija** na priljevnom području crpilišta Petruševac je iznosio 2900/100ml kao maksimalna vrijednost. Znatan skok u vrijednostima dogodio se krajem 2014. godine, te uz pozitivan trend su srednje količine 46,58/100ml (Slika 4.47, Tablica 5.11).



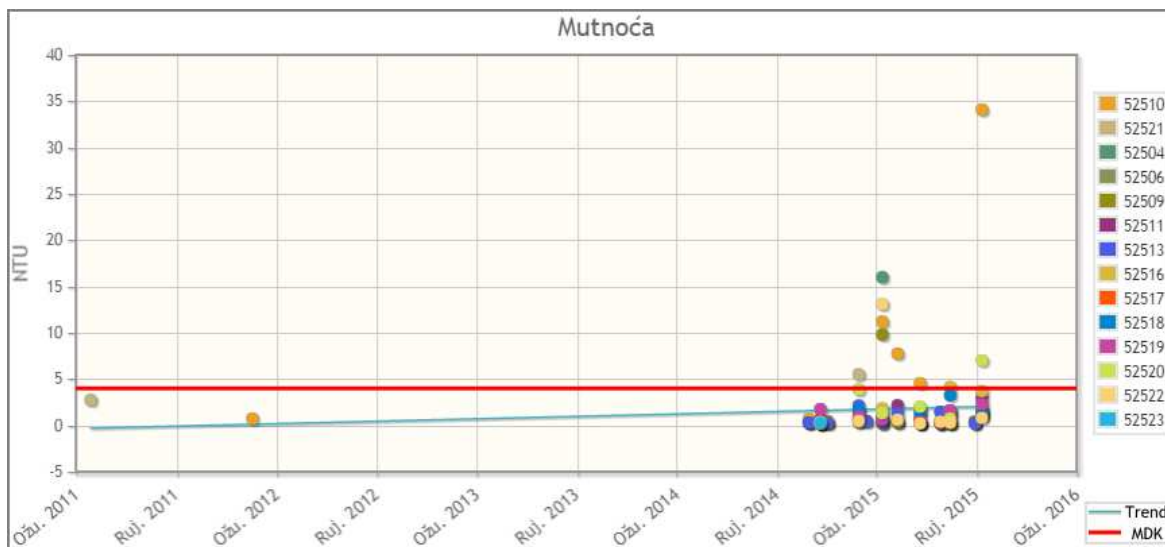
Slika 4.47. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

**Escherichia Coli** bakterije imaju generalno minimalne koncentracije srednjih vrijednosti 0,33/100 ml, uz neizražen trend. Najviši broj kolonija bio je 2010. godine na piezometru 52517, te je iznosio 63/100 ml (Slika 4.48, Tablica 5.12).



Slika 4.48. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Petruševac

**Mutnoća** podzemne vode na priljevnom području Petruševca je bila ispod MDK sve do kraja 2014. godine. Naglo se povećala od tada, (kao i koncentracije bakterija), te je u rasponu od 0,01 – 34,1 NTU što je višestruko od MDK=4 NTU (Slika 4.49, Tablica 5.13).



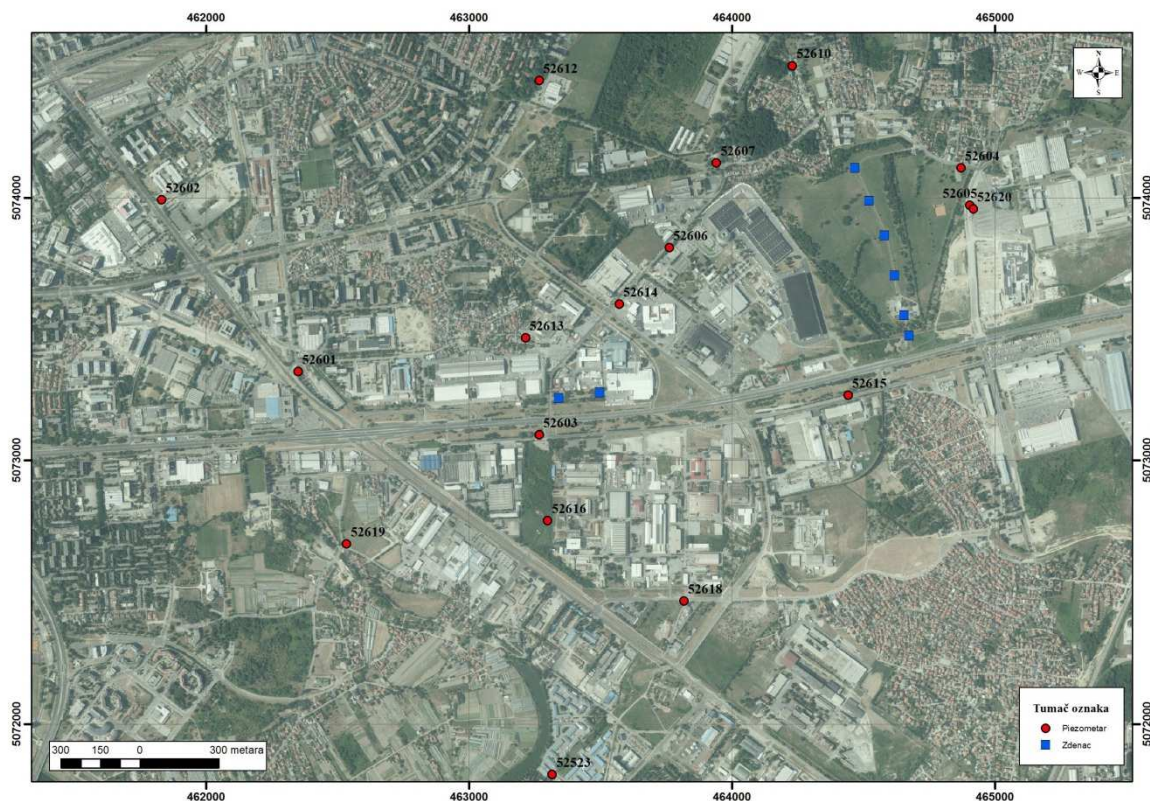
Slika 4.49. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Petruševac

#### 4.4 Priljevno područje crpilišta Sašnjak i Žitnjak

Aktivno crpilište Sašnjak je treće crpilište po veličini na području grada Zagreba s kapacitetom od 700 l/s. Kao susjedno crpilište, Žitnjak ima kapacitet od 60 l/s na samo jednom zdencu, te se priljevno područje ova dva crpilišta smatra zajedničko.

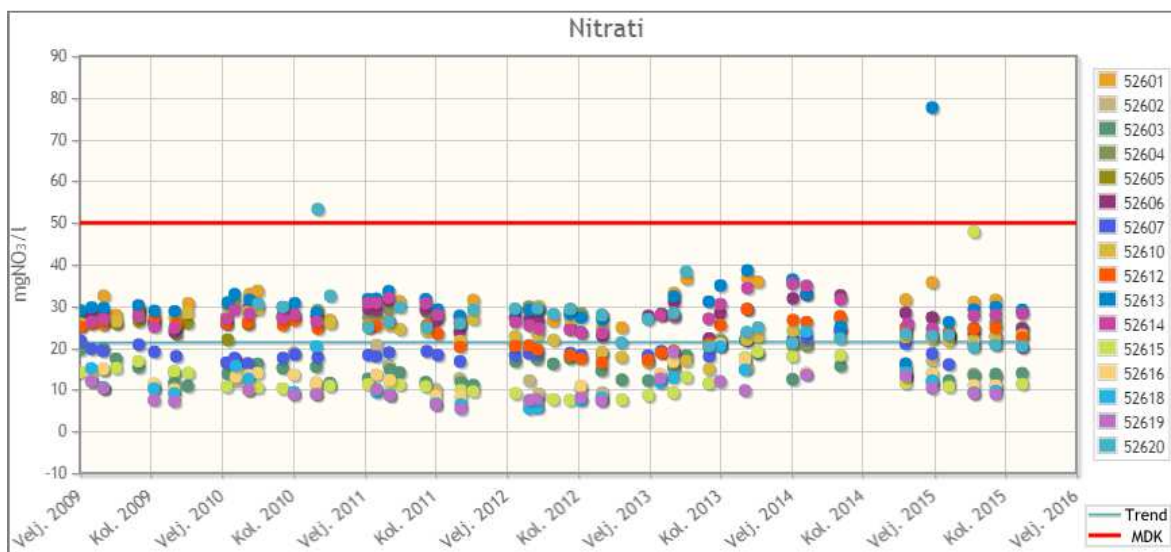
Ovaj sliv obuhvaća gotovo cijelo područje zagrebačkog vodonosnika na lijevoj obali Save (Bačani i dr.,2005). Kad su niski vodostaji proteže se sve do Podsuseda.

Na 16 piezometara na ovom području kontinuirano se prati kakvoća podzemne vode. To su piezometri po šiframa: 52601, 52602, 52603, 52604, 52605, 52606, 52607, 52610, 52612, 52613, 52614, 52615, 52616, 52618, 52619 i 52620 (Slika 4.50).



Slika 4.50. Lokacije piezometarau priljevnom području crpilišta Sašnjak i Žitnjak

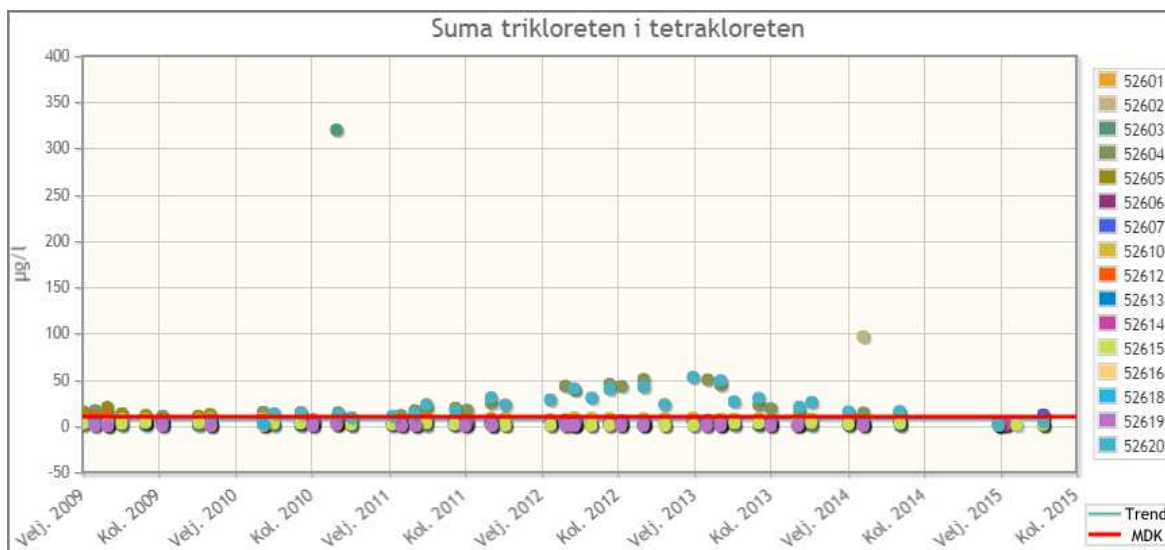
Koncentracije **nitrate** na priljevnom području ovog crpilišta u izoliranim slučajevima prelaze MDK (50 mgNO<sub>3</sub>/l), i to na piezometrima 52620 i 52613, te kao maksimalna vrijednost na 52613 koja iznosi 77,65 mgNO<sub>3</sub>/l. Uz neizražen trend, srednje vrijednosti koncentracija nitrate iznose 21,4 mgNO<sub>3</sub>/l (Slika 4.51, Tablica 5.1).



Slika 4.51. Sadržaj nitrate u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

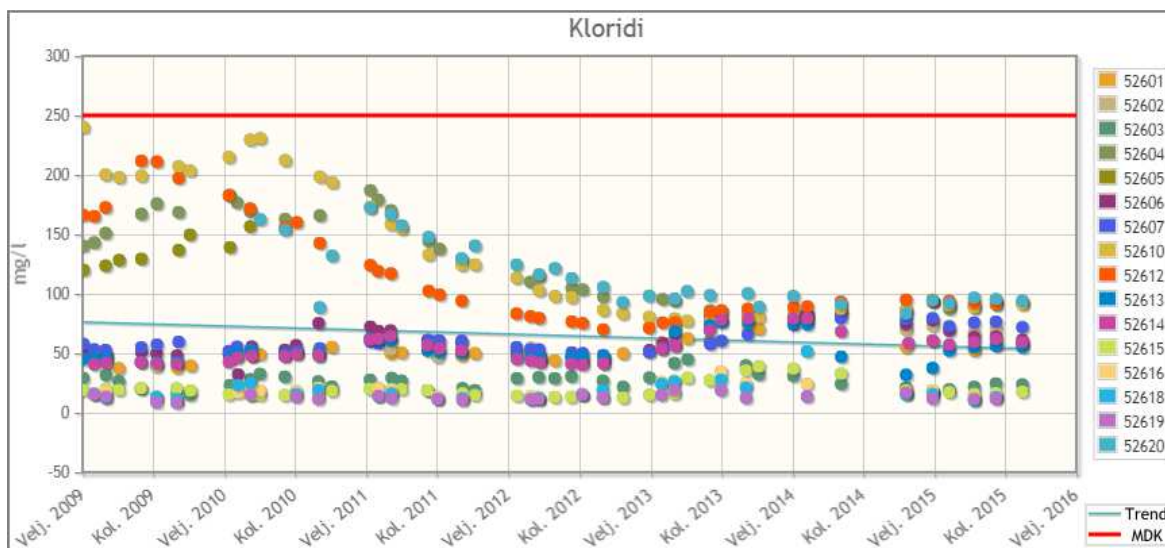
**Atrazin** ima minimalne koncentracije u ovom dijelu sliva. Mjeren je na samo 5 piezometara, te maksimalna izmjerena vrijednost iznosi 0,031  $\mu\text{g/l}$ , srednja 0,02  $\mu\text{g/l}$ , uz negativan trend (Tablica 5.2).

Koncentracija **sume trikloretena i tetrakloretena** u podzemnoj vodi priljevnog područja Sašnjaka i Žitnjakau izoliranom slučaju ekstremno prelazi MDK (10  $\mu\text{g/l}$ ) na piezometru 52603 i kao maksimalna vrijednost iznosi 320,1  $\mu\text{g/l}$  što je moguća greška u mjerenju. Na piezometrima 52620 i 52604 su zabilježene kontinuirane vrijednosti do 50  $\mu\text{g/l}$  što je višestruko iznad MDK (10  $\mu\text{g/l}$ ). Srednja vrijednost koncentracija je 7,07  $\mu\text{g/l}$  uz neizraženi trend (Slika 4.52, Tablica 5.3).



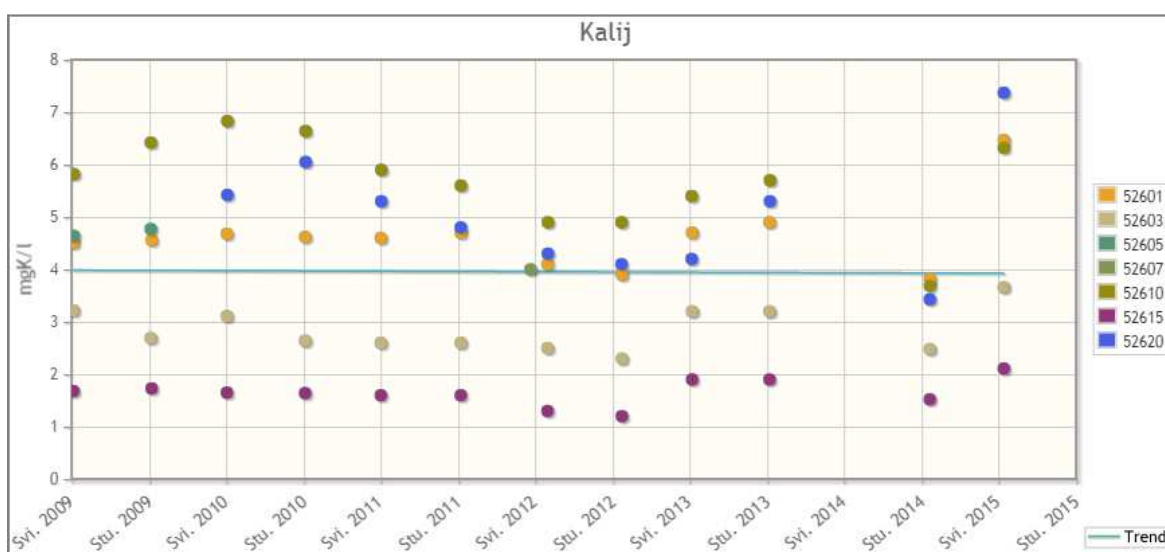
Slika 4.52. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

Koncentracije **klorida** u podzemnim vodama na području Sašnjaka i Žitnjaka su u razdoblju od 2009. do 2010. godine imale maksimalnu vrijednost vrlo blizu MDK (250  $\text{mg/l}$ ) koja je iznosila 240,2  $\text{mg/l}$ . Te vrijednosti koncentracija su se kontinuirano smanjivale do kraja 2013. godine, do srednje vrijednosti u ovom slivu od 65,8  $\text{mg/l}$  (Slika 4.53, Tablica 5.4).



Slika 4.53. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

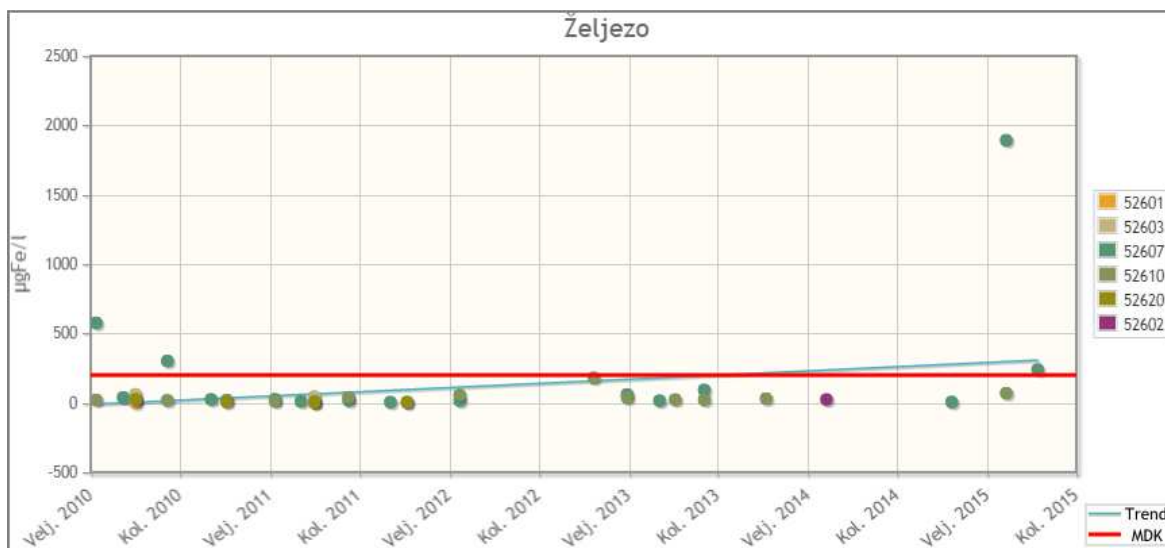
**Kalij** na području Sašnjaka i Žitnjaka ima koncentracije unutar MDK (12 mgK/l) s maksimalnom koncentracijom od 7,37 mgK/l. Mjerenja se izvode dva puta godišnje i srednja vrijednost iznosi 3,96 mgK/l i trend je negativan (Slika 4.54, Tablica 5.5).



Slika 4.54. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

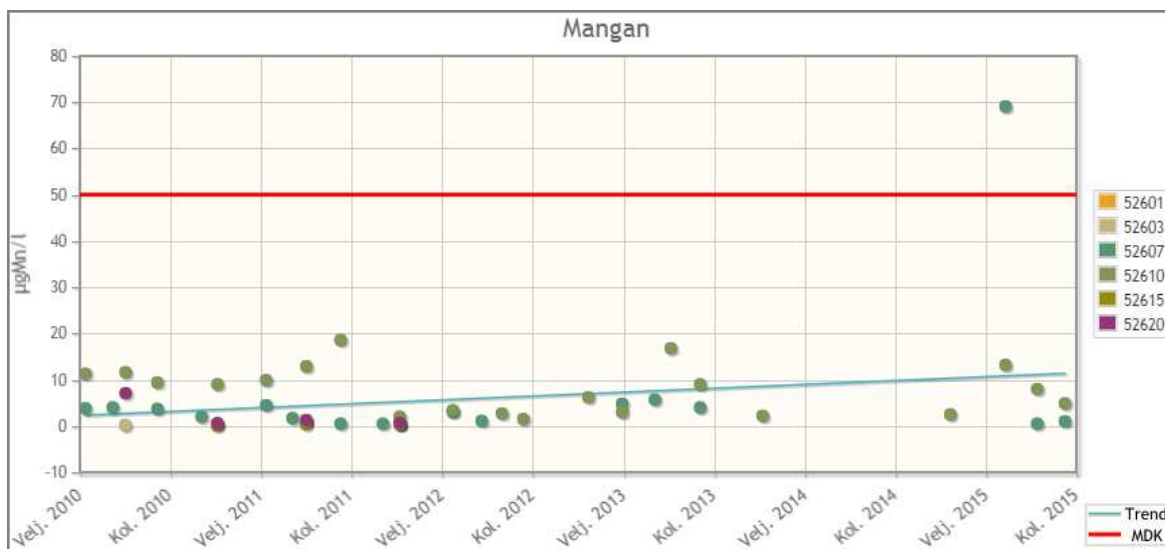
Sadržaj **željeza** na priljevnom području crpilišta Sašnjak – Žitnjak generalno je ipod MDK (200  $\mu\text{gFe/l}$ ). Maksimalne koncentracije zabilježene su u piezometru 52607 i najveća iznosi 1893,4  $\mu\text{gFe/l}$ . Srednje vrijednosti iznose 104,7  $\mu\text{gFe/l}$ , uz pozitivan trend (Slika 4.55, Tablica 5.6).





Slika 4.55. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

Koncentracije **mangana** imaju srednju vrijednost od 5,76 µgMn/l, te uz pozitivan trend također dostižu maksimalnu vrijednost na piezometru 52607 koja iznosi 69,1 µgMn/l što je iznad MDK 50 µgMn/l (Slika 4.56, Tablica 5.7).

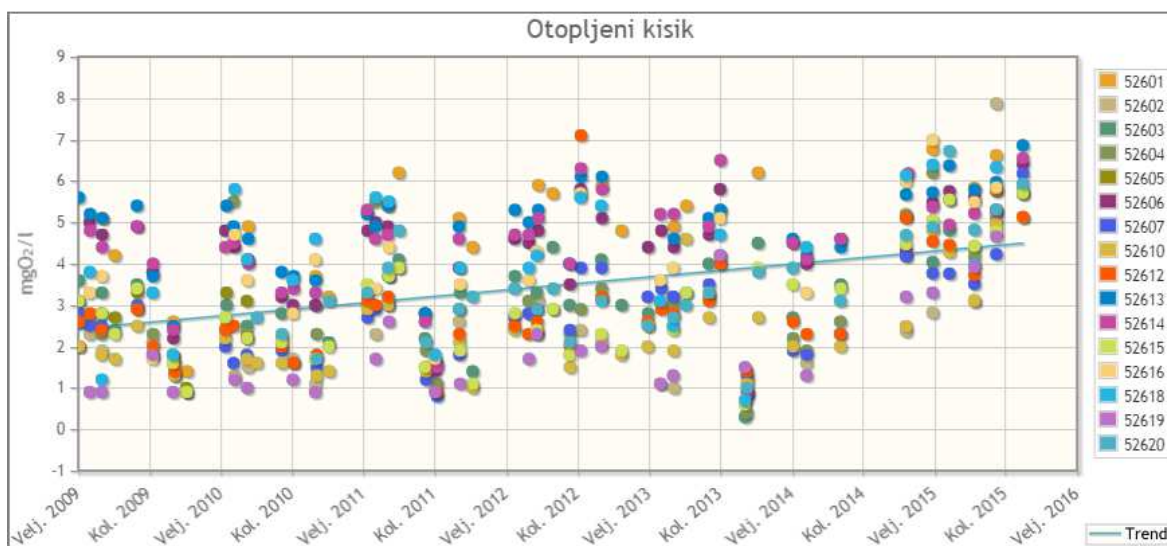


Slika 4.56. Sadržaj mangana u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

**Olovo** ima koncentracije do 6,6 µgPb/l, što je ispod MDK (10 µgPb/l). Trend je pozitivan uz srednju vrijednost koncentracije 4,3 µgPb/l (Tablica 5.8).

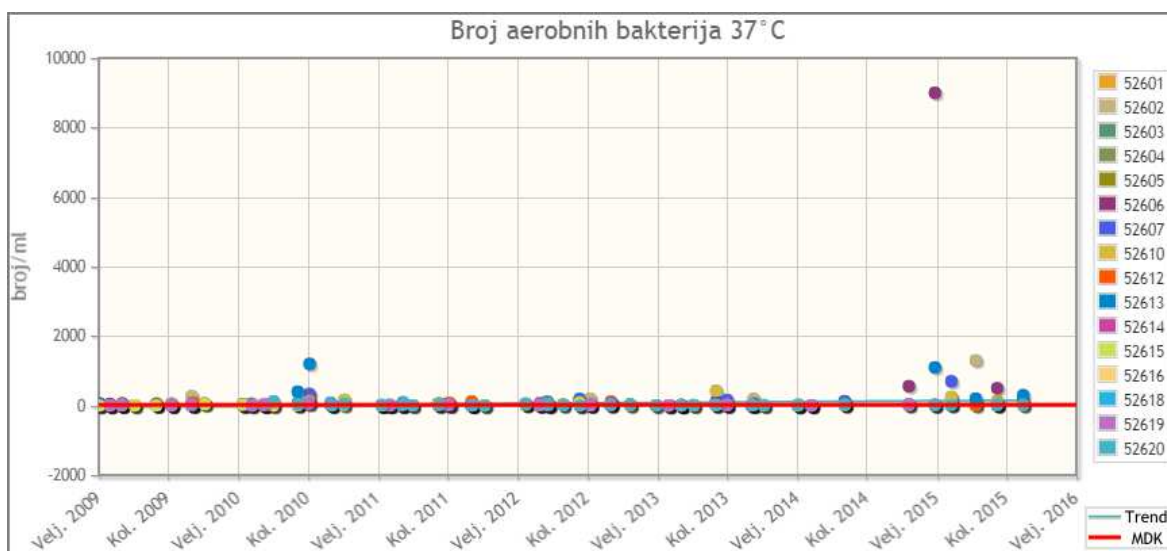
Koncentracije **otopljenog kisika** u vodonosniku na području Sašnjaka i Žitnjaka imaju srednju vrijednost 3,41 mgO<sub>2</sub>/l. Kao i na drugim područjima, na ovom se primjećuje

„skok“ u vrijednostima početkom 2015. godine. Trend je pozitivan i maksimalna koncentracija je 7,87 mgO<sub>2</sub>/l (Slika 4.57, Tablica 5.9).



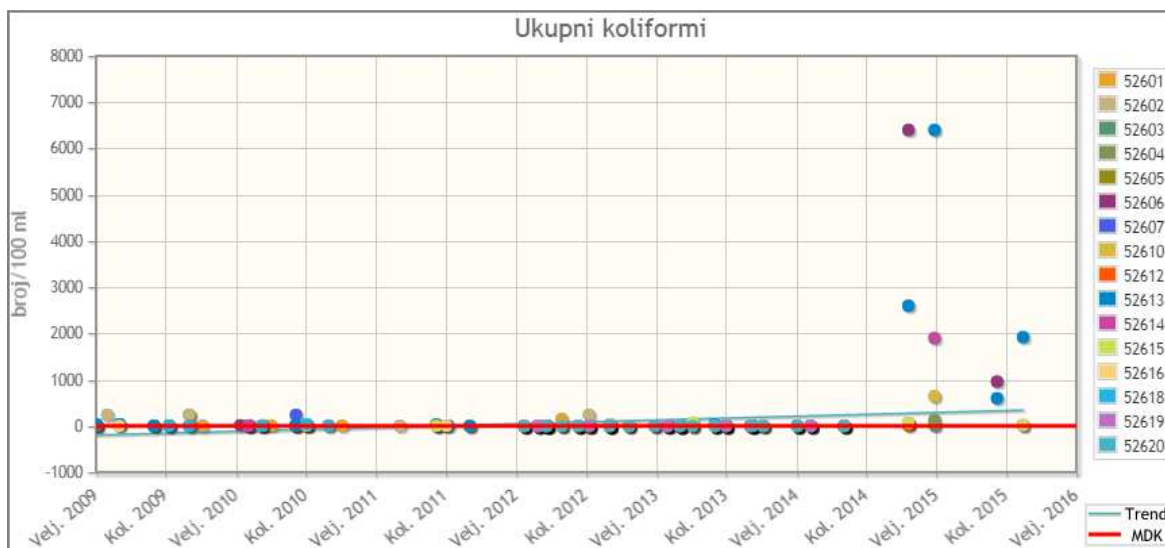
Slika 4.57. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

**Broj aerobnih bakterija** na području Sašnjaka i Žitnjaka ima srednju vrijednost 59,8/ml što je iznad MDK (20/ml) te ima pozitivan trend. Najviša vrijednost mjerena početkom 2014. godine je upiezometru 52606 i iznosi 9000/ml (Slika 4.58, Tablica 5.10).



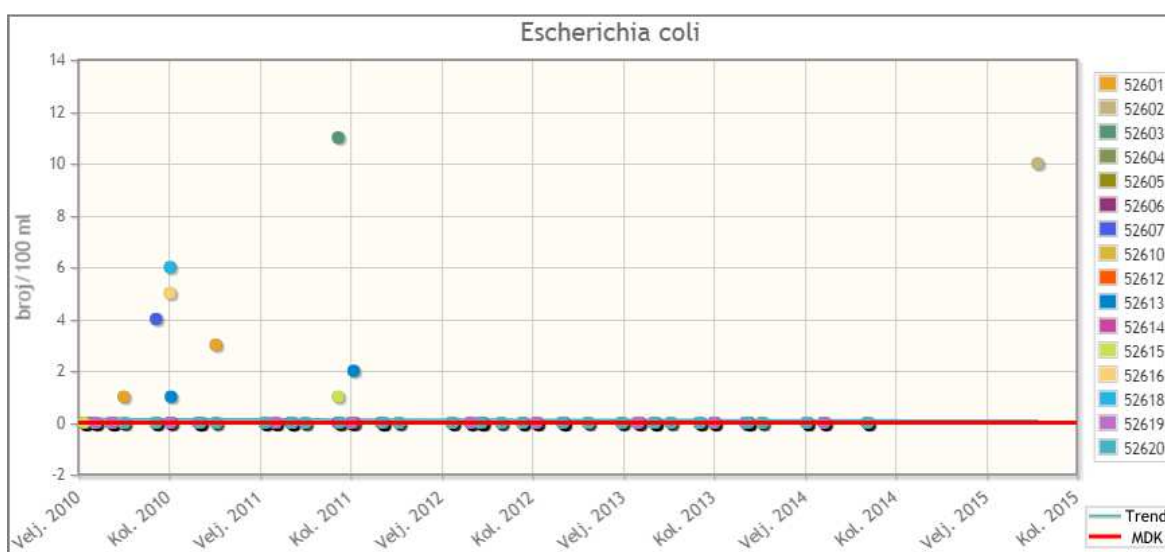
Slika 4.58. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

**Ukupan broj koliformnih bakterija** ima srednju vrijednost 92,64/100 ml uz pozitivan trend. Maksimalne vrijednosti su naglo skočile krajem 2014. godine i najveća iznosi 6400/100 ml (Slika 4.59, Tablica 5.11).



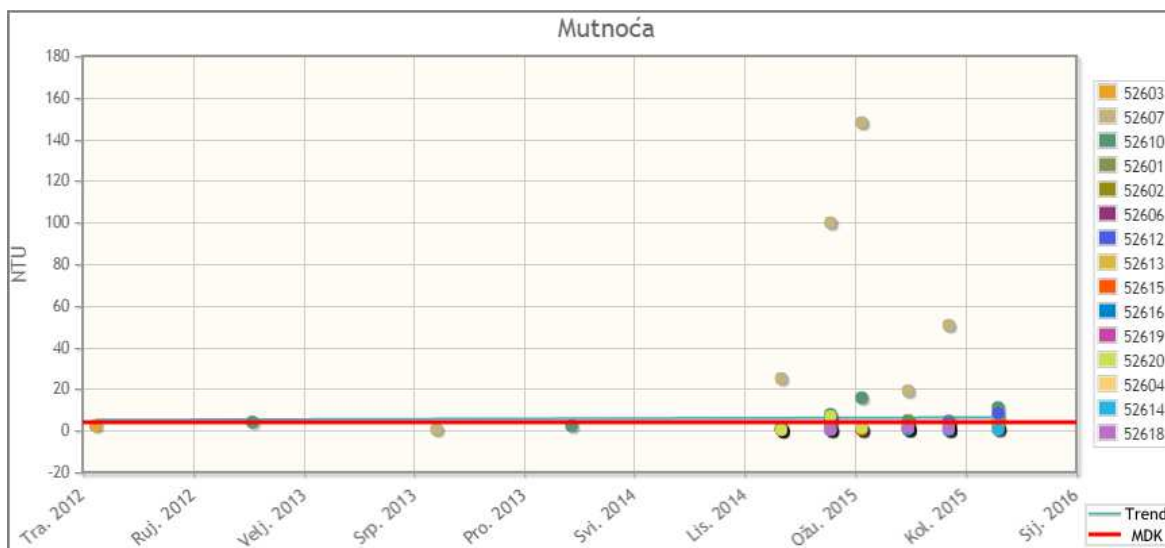
Slika 4.59. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjak i Žitnjak

Bakterije **Escherichia Coli** (MDK 0/100ml) su kroz 2010. i 2011. godinu imale povećane koncentracije, maksimalna vrijednost 11/100 ml. Srednja vrijednost iznosi 0,13/100ml (Slika 4.60, Tablica 5.12).



Slika 4.60. Broj Echerichia Coli u vodi priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

**Mutnoća** na području Sašnjaka i Žitnjaka je do kraja 2014. godine bila ispod MDK (4NTU). Srednja vrijednost iznosi 6,3 NTU, jer kroz 2015. godinu na piezometru 52607 zabilježena je maksimalna mutnoća od 148 NTU (Slika 4.61, Tablica 5.13).



Slika 4.61. Mutnoća vode priljevnog područja crpilišta Sašnjaka i Žitnjaka

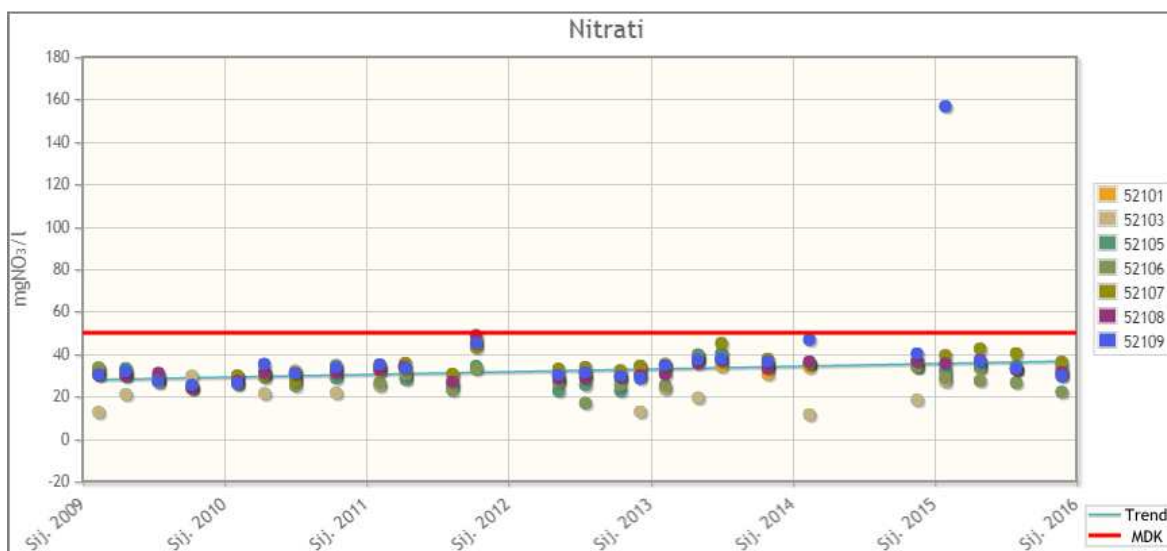
#### 4.5 Priljevno područje sliva Sašnjaka između Držićeve ulice i Trešnjevke

Zapadno od Sašnjaka i Žitnjaka na području između Držićeve i Trešnjevke (treća zona zaštite prema Bačani i Posavec, 2014) prati se kakvoća podzemne vode na 7 piezometara: 52101, 52103, 52105, 52106, 52107, 52108 i 52109 (Slika 4.62).



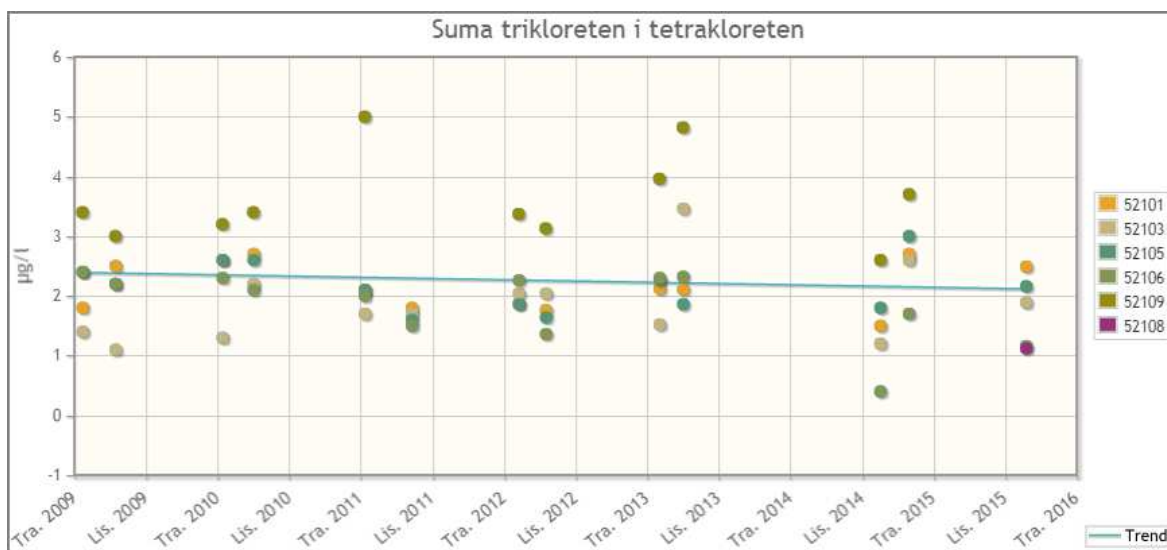
4.62. Lokacije piezometara u slivu Sašnjaka na potezu između Držićeve ulice i Trešnjevke

Koncentracije **nitrata** na ovom području Zagreba su ispod MDK (50 mgNO<sub>3</sub>/l), ali ipak prilično visoke, uz srednju vrijednost od 32,04 mgNO<sub>3</sub>/l i imaju blago pozitivan trend. Na piezometru 52109, kao izolirani slučaj i vrlo vjerojatno pogreška u mjerenju, je početkom 2015. godine izmjerena maksimalna vrijednost od 156,72 mgNO<sub>3</sub>/l, što je iznad MDK (Slika 4.63, Tablica 5.1).



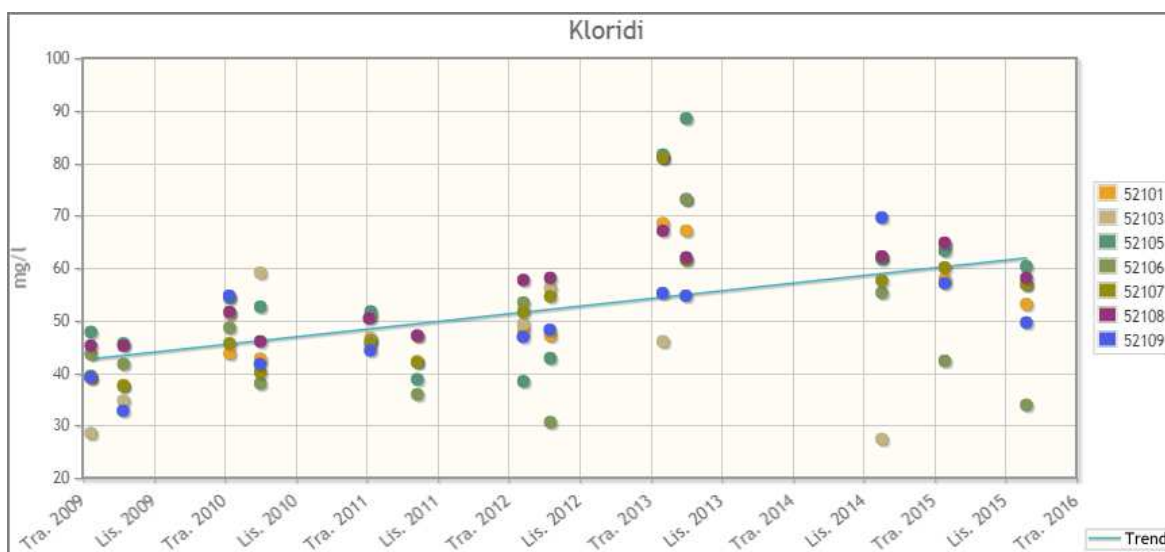
Slika 4.63. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja između Držičeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Koncentracije herbicida **atrazina** i organskih spojeva **trikloretena i tetrakloretena** (Slika 4.64, Tablica 5.3) na području između Držičeve ulice i Trešnjevke su minimalne i uz negativan trend ne prelaze maksimalno dopuštene koncentracije.



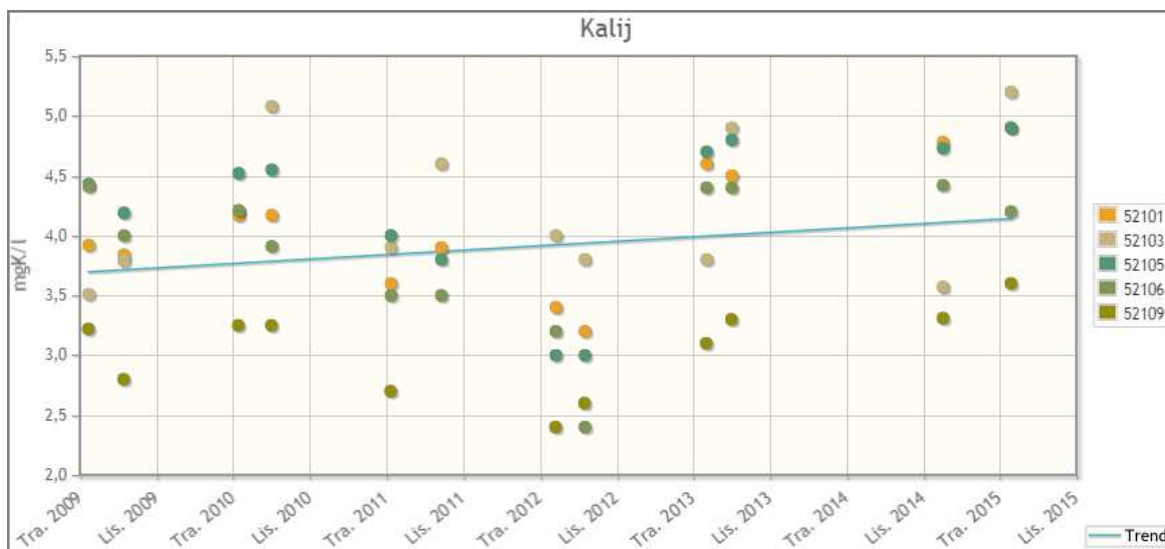
Slika 4.64. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja između Držičeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Sadržaj **klorida** se na ovom području mjeri dva puta godišnje. Ima srednje vrijednosti od 51,5 mg/l i pozitivan trend. Maksimalna koncentracija je izmjerena na piezometru 52105 i iznosi 88,5 mg/l (Slika 4.65, Tablica 5.4).



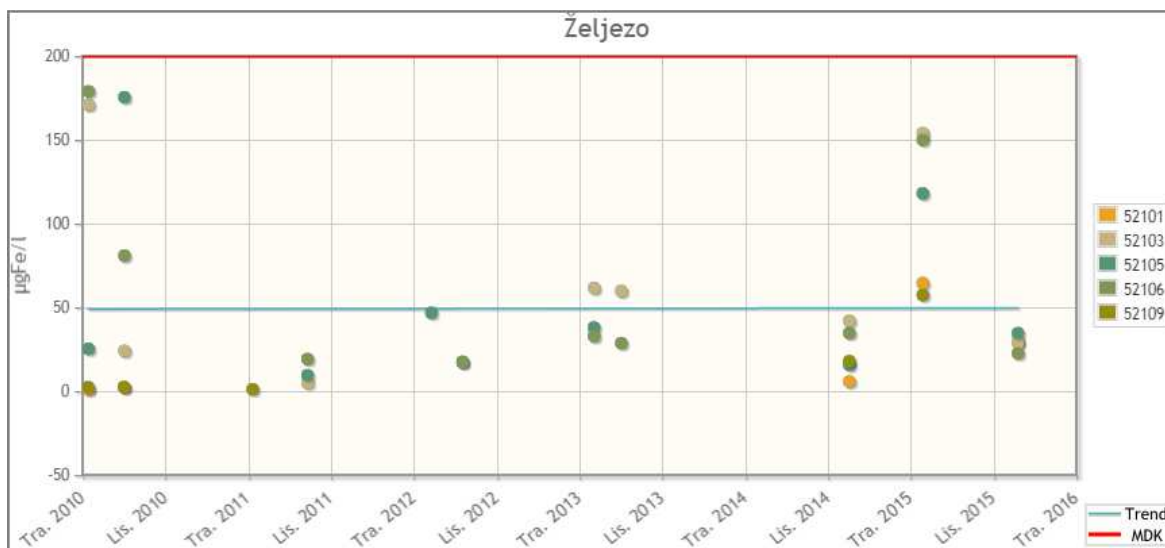
Slika 4.65. Sadržaj klorida u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Koncentracije **kalija** imaju srednju vrijednost 3,9 mgK/l do maksimalne 5,2 mgK/l (što je ispod MDK = 12 mgK/l), te pozitivan trend (Slika 4.66, Tablica 5.5).



Slika 4.66. Sadržaj kalija u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Maksimalna koncentracija **željeza** je 178,9  $\mu\text{gFe/l}$  u piezometru 52106, što je blizu MDK (200  $\mu\text{gFe/l}$ ). Srednje vrijednosti su 49,4  $\mu\text{gFe/l}$  (Slika 4.67, Tablica 5.6).

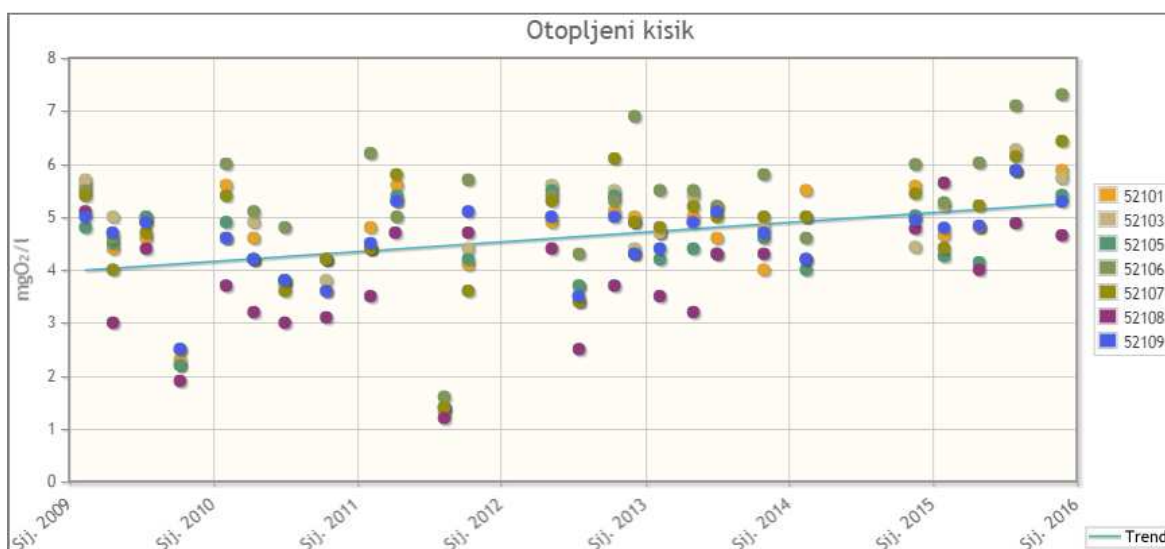


Slika 4.67. Sadržaj željeza u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Koncentracije **mangana** na području između Držićeve ulice i Trešnjevke su jako male, srednjih vrijednosti 1,1 µgMn/l, te uz pozitivan trend maksimalna vrijednost iznosi 1,85 µgMn/l (Tablica 5.7).

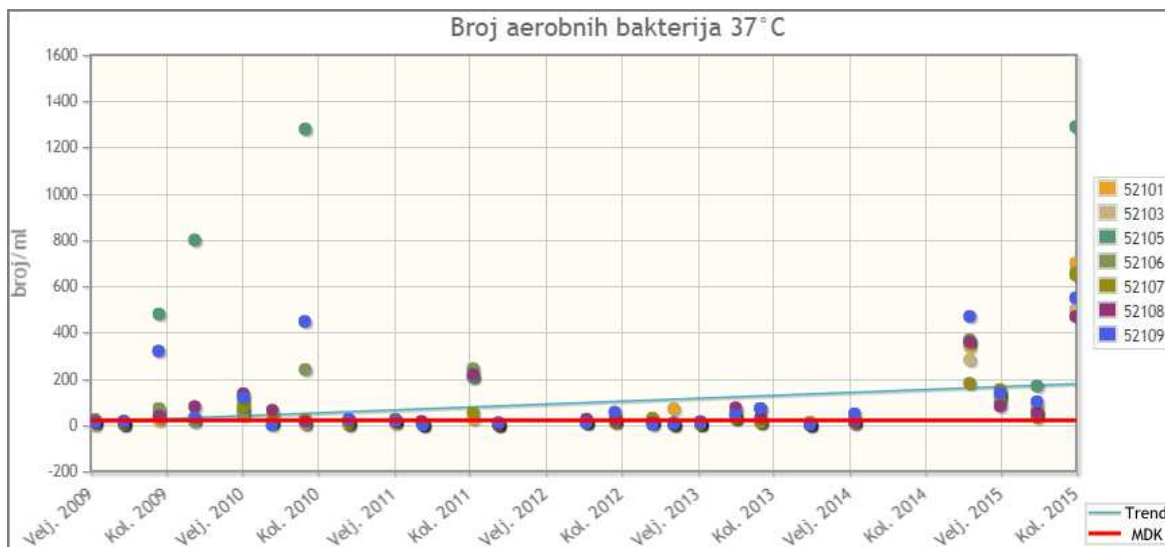
**Olovo** na ovom području ima koncentracije do 7,6 µgPb/l. Srednja vrijednost koncentracije iznosi 4,72 µgPb/l i trend je negativan (Tablica 5.8).

Sadržaj **otopljenog kisika** u podzemnim vodama na ovom području je u porastu, sa srednjom vrijednosti od 4,6 mgO<sub>2</sub>/l i s najvišom od 7,31 mgO<sub>2</sub>/l na piezometru 52106 (Slika 4.68, Tablica 5.9).



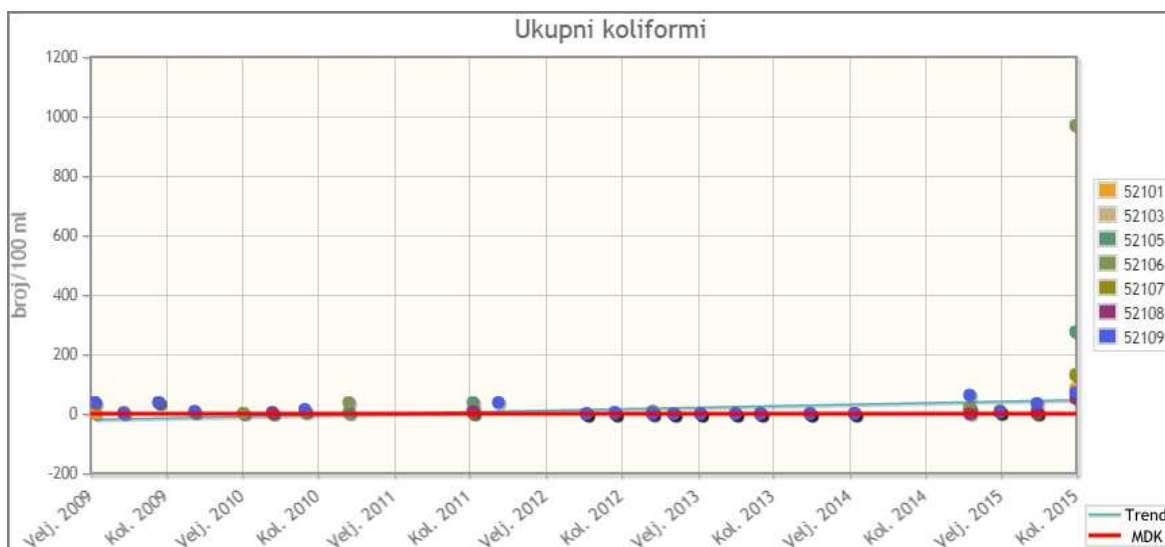
Slika 4.68. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

Visok **broj aerobnih bakterija** je prisutan na ovom području. Izdvojen je piezometar 52105 gdje je maksimalna vrijednost 1290/ml, (MDK= 20/ml). Trend je pozitivan uz srednju vrijednost od 92,8/ml (Slika 4.69, Tablica 5.10).



Slika 4.69. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja između Držiceve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

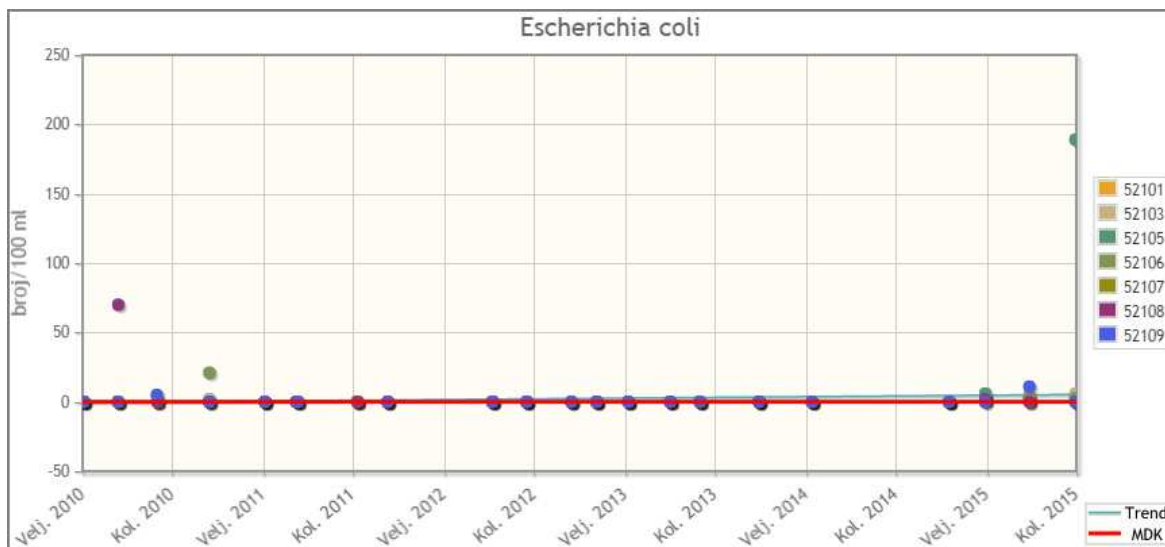
**Ukupan broj koliformnih bakterija** ima maksimalnu vrijednost od 970/100 ml pred kraj 2015. godine. Uz pozitivan trend, srednja vrijednost iznosi 20,1/100 ml (Slika 4.70, Tablica 5.11).



Slika 4.70. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja između Držiceve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

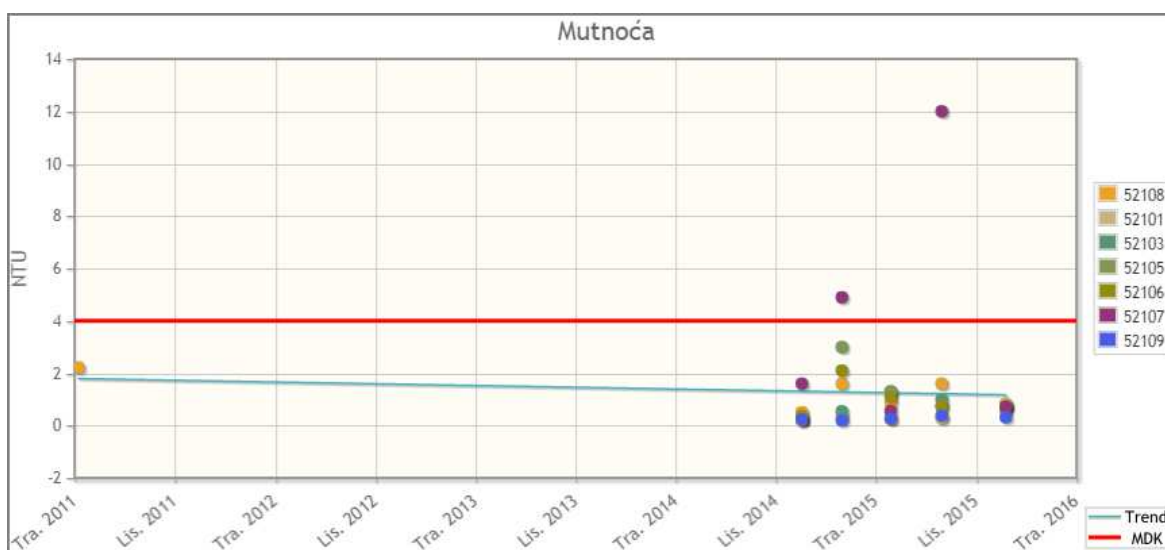


Bakterije **Escherichia Coli** u pozitivnom su trendu te imaju maksimalnu vrijednost 189/100 ml (zabilježeno u piezometaru 52105) i srednju vrijednost 2,3/100 ml na području između Držićeve ulice i Trešnjevke (Slika 4.71, Tablica 5.12).



Slika 4.71. Broj Echerichia Coli u vodi priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

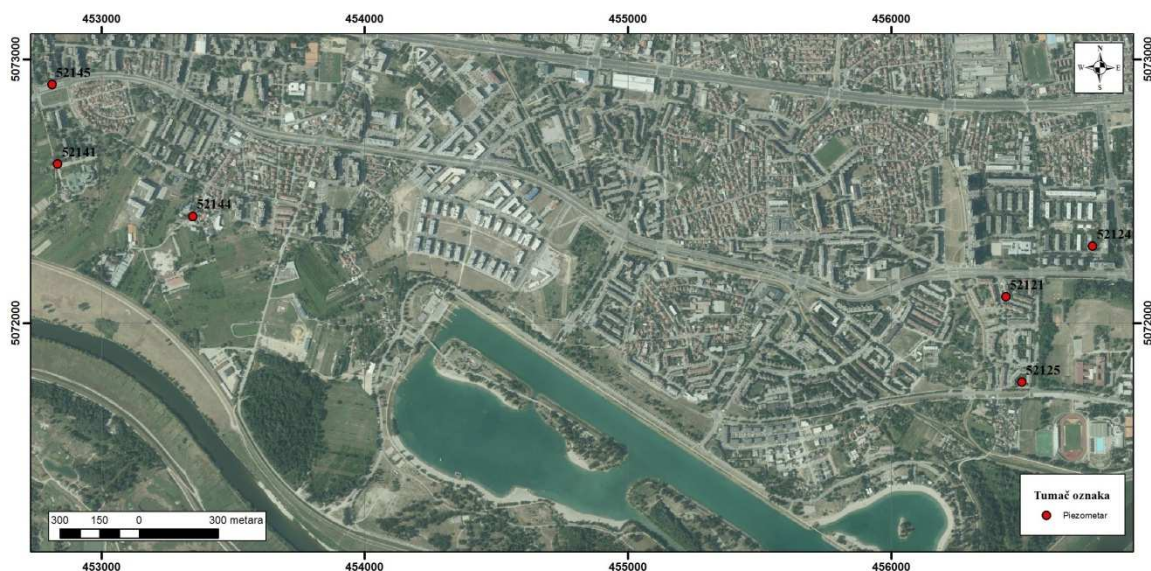
**Mutnoća** podzemne vode na ovom području je ispod MDK (4 NTU), osim na piezometru šifre 52107 gdje je zabilježena maksimalna vrijednost 12 NTU u drugoj polovici 2015. godine. Srednja vrijednost je 1,3 NTU i trend je negativan (Slika 4.72, Tablica 5.13).



Slika 4.72. Mutnoćavode priljevnog područja između Držićeve i Trešnjevke (Sliv Sašnjaka)

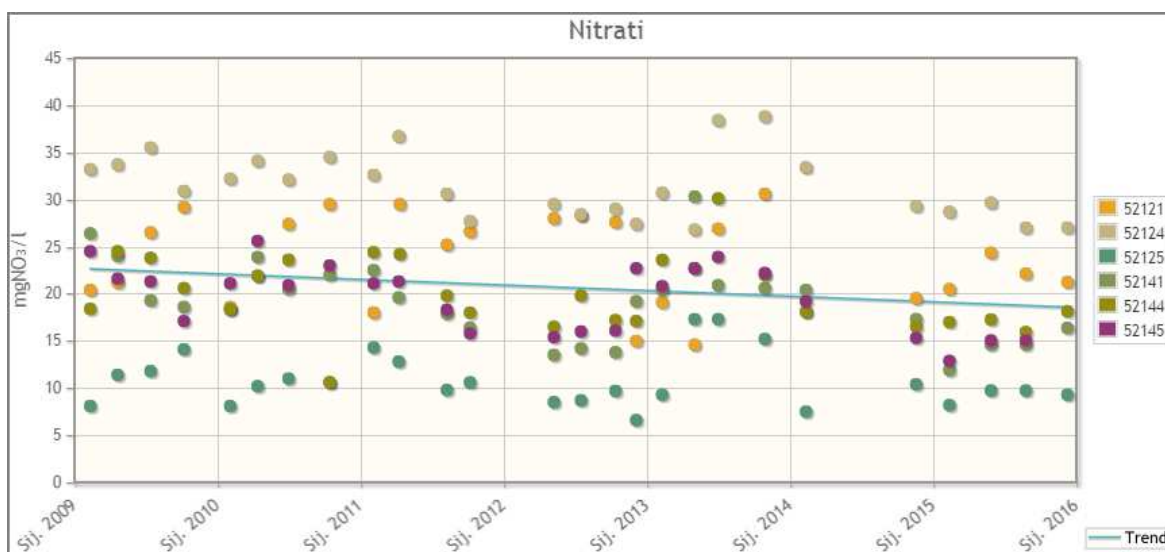
## 4.6 Područje između Horvata i Prečkog

Područje između Horvata i Prečkog spada u treću zonu sanitarne zaštite crpilišta Sašnjak i Žitnjak i kakvoća podzemne vode se na tom području prati u 6 piezometara: 52121, 52124, 52125, 52141, 52144 i 52145 (Slika 4.73).



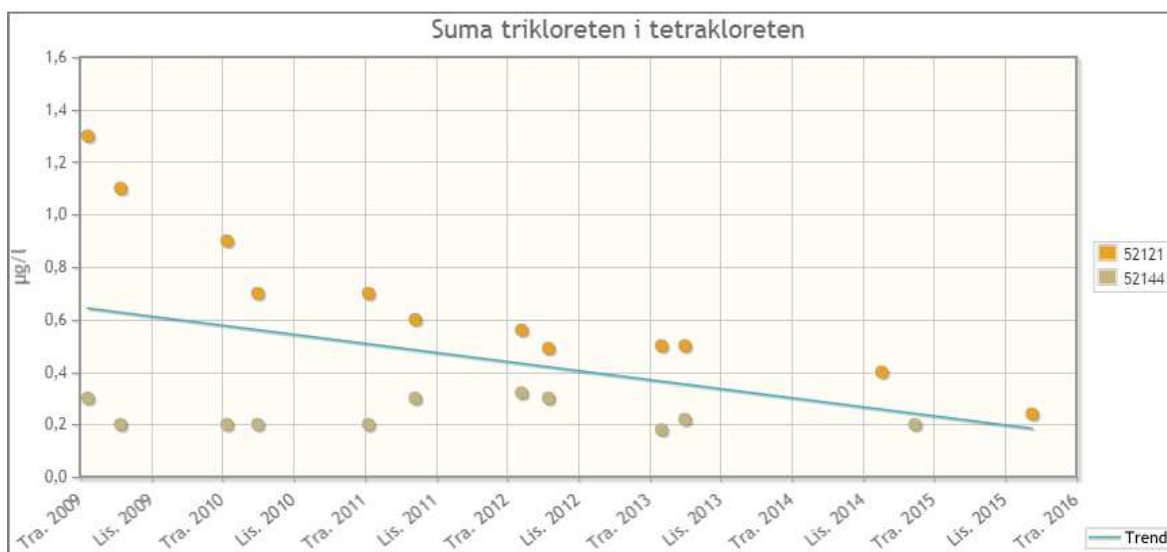
Slika 4.73. Lokacije piezometarana potezu između Horvata i Prečkog

Ovo područje sadrži kontinuirane podatke o koncentracijama **nitrata**. Maksimalne vrijednosti su očitane na piezometru 52124 i najviša iznosi 38,8 mgNO<sub>3</sub>/l (MDK = 50 mgNO<sub>3</sub>/l). Srednja vrijednost koncentracije je 20,74 mgNO<sub>3</sub>/l i trend je negativan (Slika 4.74, Tablica 5.1).



Slika 4.74. Sadržaj nitrata u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

Koncentracija **atrazina** (max = 0,012  $\mu\text{g/l}$ ) je minimalna, dok **suma trikloretena i tetrakloretena** ima maksimalnu 1,3  $\mu\text{g/l}$  i negativan trend (Slika 4.75, Tablica 5.2).



Slika 4.75. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

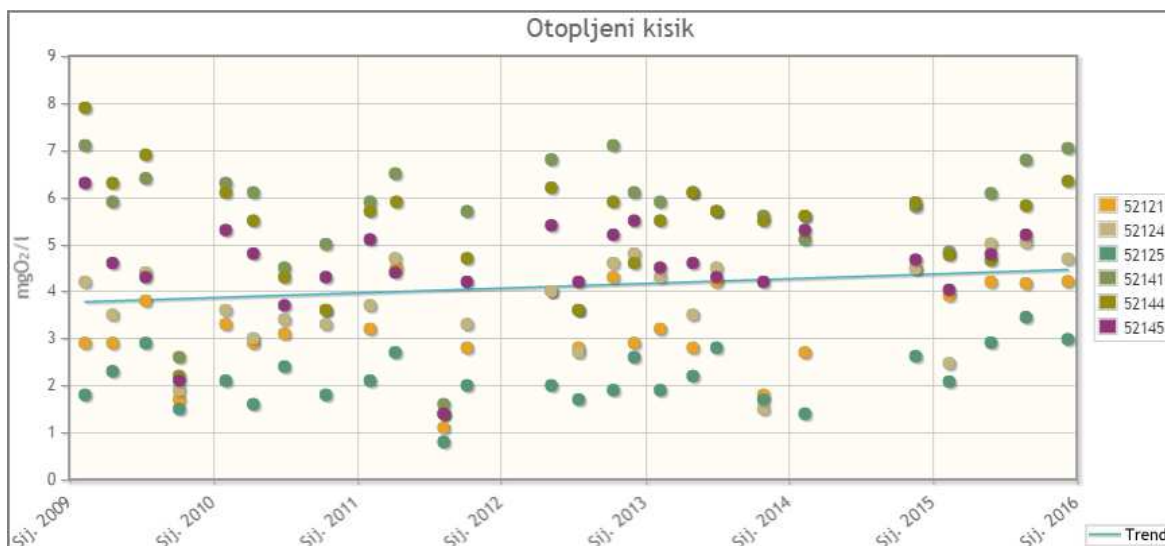
Sadržaj **klorida** je mjereno dva puta godišnje. Maksimalna koncentracija je 76,7 mg/l, dok srednja vrijednost iznosi 45,4 mg/l (Tablica 5.4).

**Kalij** se na ovom području mjerio na dva piezometra (52121 i 52144) i ima srednju vrijednost koncentracije od 4,5 mg/l i maksimalnu 6,1 mg/l (Tablica 5.5).

Koncentracije **željeza** (max = 36,9  $\mu\text{gFe/l}$ ) i **mangana** (max = 1,15  $\mu\text{gMn/l}$ ) su niske na ovom području s obzirom na njihovu MDK, ali je trend u oba slučaja pozitivan (Tablica 5.6 i 5.7).

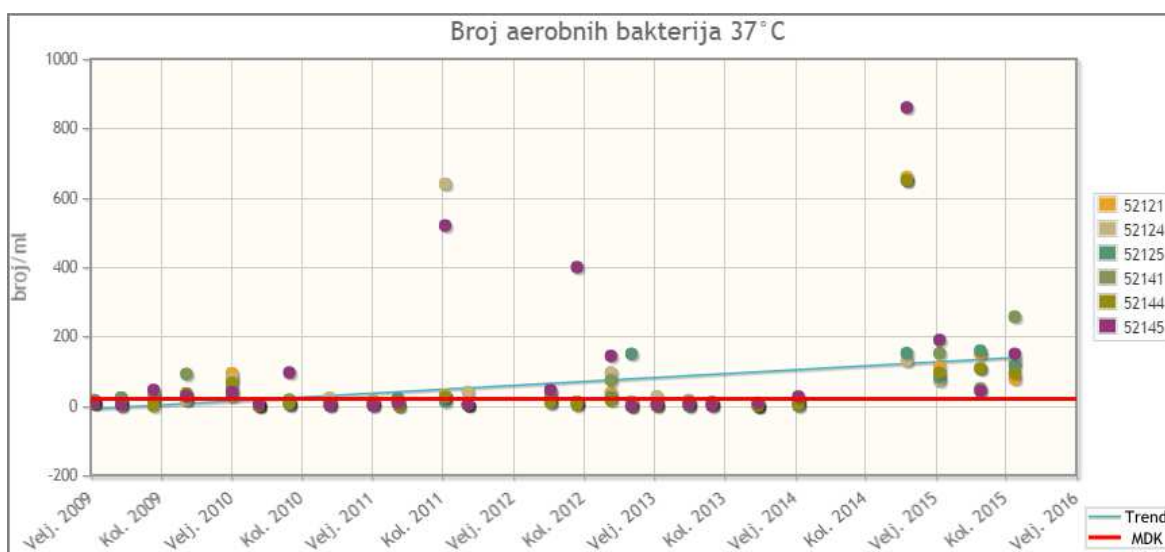
**Olovo** ima negativan trend uz srednju vrijednost koncentracije 5,51  $\mu\text{gPb/l}$  i maksimalnu vrijednost 8,1  $\mu\text{gPb/l}$  na piezometru 52144 (Tablica 5.8).

Koncentracija **otopljenog kisika** u podzemnoj vodina području između Horvata i Prečkog su u blagom porastu, sa srednjim vrijednostima 4,1 mgO<sub>2</sub>/l i maksimalnom koncentracijom od 7,9 mgO<sub>2</sub>/l očitano na piezometru 52144 (Slika 4.76, Tablica 5.9).



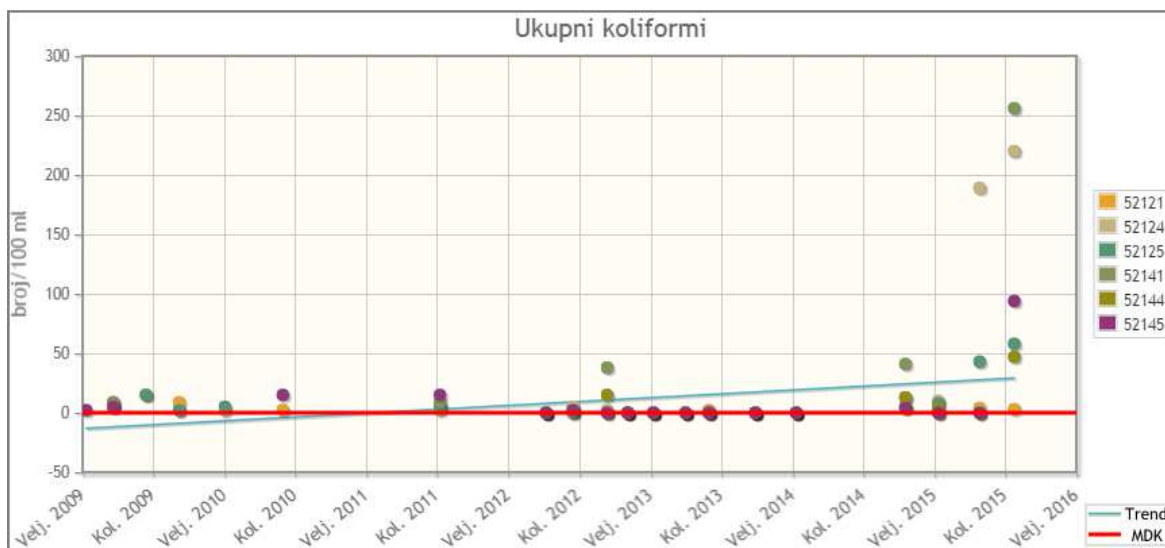
Slika 4.76. Sadržaj otopljenog kisika u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

**Broj aerobnih bakterija (37 ° C)** je u porastu i od početka 2015. godine svi piezometri imaju vrijednosti iznad MDK (20/ml). Najviša izmjerena vrijednost je 860/ml, te srednja vrijednost iznosi 60,9/ml (Slika 4.77, Tablica 5.10).



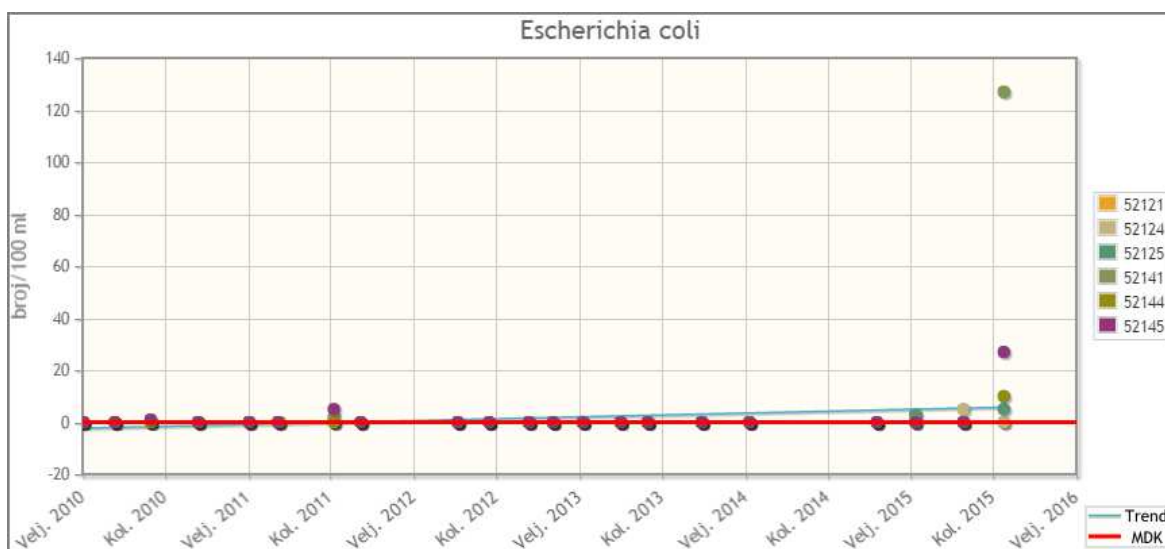
Slika 4.77. Broj aerobnih bakterija u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

**Broj koliformnih bakterija** također ima pozitivan trend te u drugoj polovici 2015. godine ekstremno prelazi MDK. Najviša vrijednost iznosi 256/100 ml a srednja je 12,5/100 ml (Slika 4.78, Tablica 5.11).



Slika 4.78. Broj ukupnih koliforma u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

Količina bakterija **Escherichia Coli** je isto u porastu i ima maksimalnu vrijednost 127/100 ml na piezometru 52141 pred kraj 2015. godine. Srednja vrijednost je 1,5/100 ml (Slika 4.79, Tablica 5.12).



Slika 4.79. Broj Escherichia Coli u vodi priljevnog područja između Horvata i Prečkog (Sliv Sašnjaka)

**Mutnoća** podzemne vode na području između Horvata i Prečkog je relativno mala. Maksimalna očitana je na piezometru 52141 i iznosi 2,7 NTU. Srednja vrijednosti je 0,45 NTU uz negativan trend (Tablica 5.13).

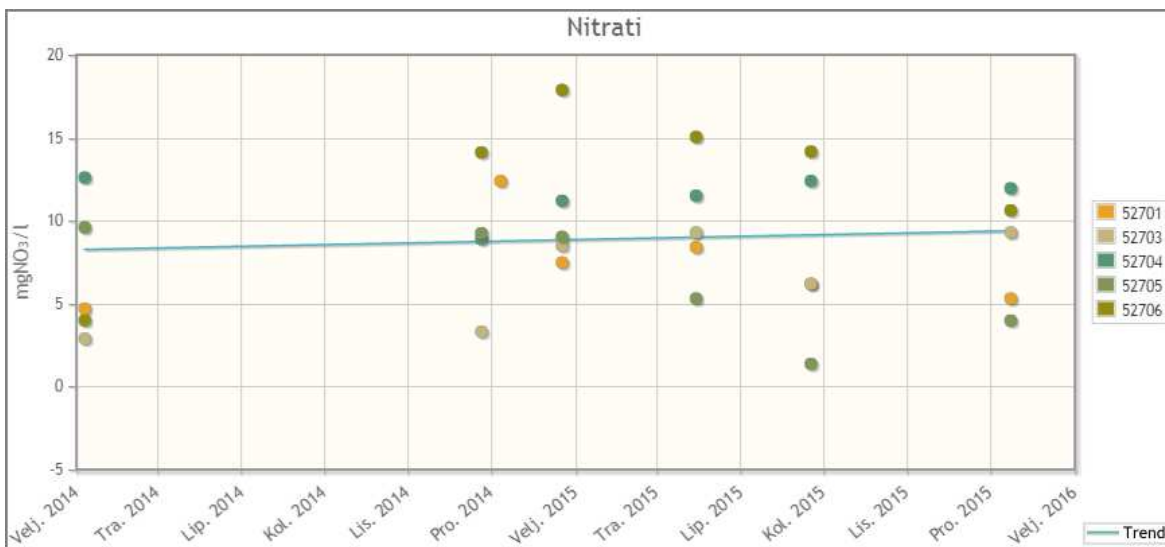
#### 4.7 Priljevno područje Stara Loza

Crpilište Stara Loza nalazi se južno od Jankomira i nije u funkciji za crpljenje podzemne vode. Kakvoća vode se prati na 5 piezometara: 52701, 52703, 52704, 52705 i 52706(Slika 4.80). Podaci o kakvoći podzemne vode bili su dostupni samo za 2014. i 2015. godinu.



Slika 4.80. Lokacije piezometarana području Stare Loze

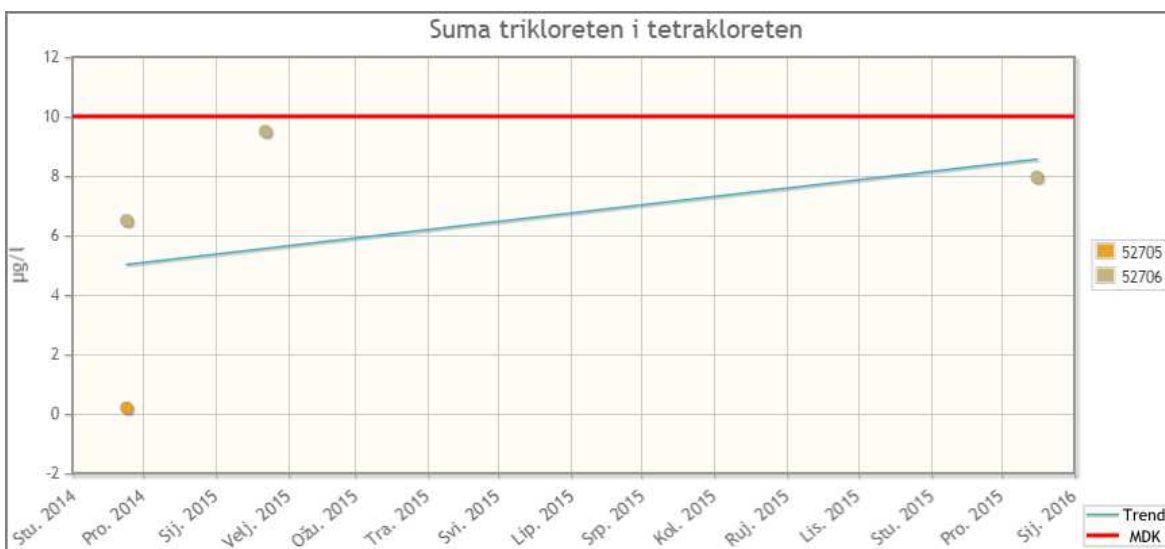
**Nitrati** se prate na svih 5 piezometara. Srednja vrijednost koncentracije je 8,9 mg NO<sub>3</sub>/l, uz lagano pozitivan trend, a najveća izmjerena vrijednost je 17,9 mg NO<sub>3</sub>/l što je znatno ispod MDK koja je 50 mg NO<sub>3</sub>/l (Slika 4.81, Tablica 5.1).



Slika 4.81. Sadržaj nitrata u podzemnoj vodi na području Stare Loze

Koncentracije herbicida **atrazina** na području Stare Loze su minimalne (Tablica 5.2).

Koncentracija **sume spojeva trikloretena i tetrakloretena** je imala maksimalnu vrijednost od 9,5 µg/l početkom 2015. godine, što je blizu MDK (10 µg/l), i ima pozitivan trend (Slika 4.82, Tablica 5.3).

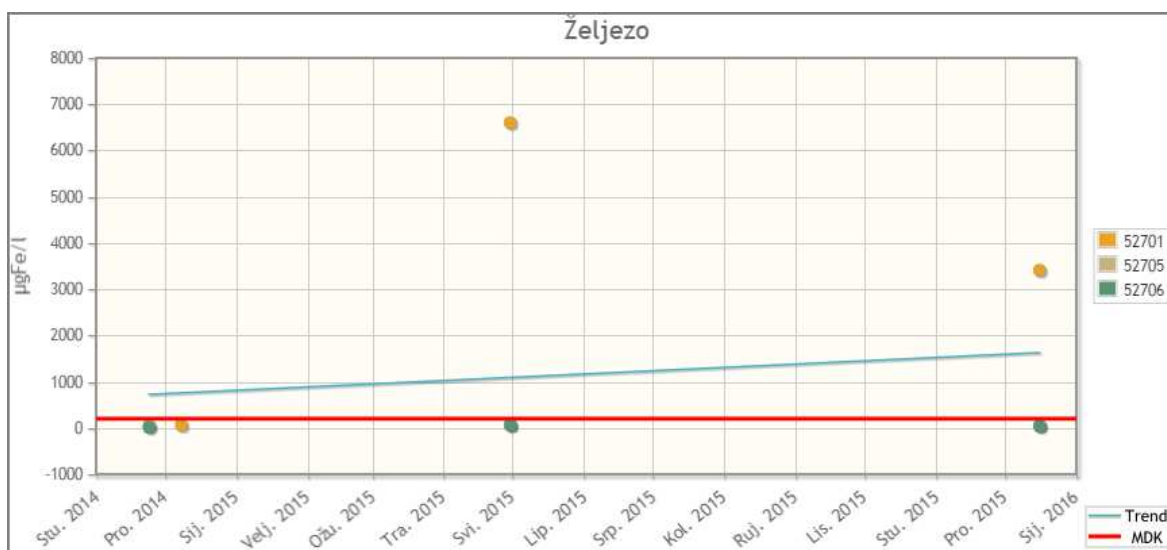


Slika 4.82. Sadržaj sume trikloretena i tetrakloretena u podzemnoj vodi na području Stare Loze

Sadržaj **klorida** u priljevnom području bivšeg crpilišta Stare Loze je nizak i ima blago opadajući trend. Maksimalna vrijednost klorida je očitana na piezometru 52706 i iznosi 59,6 mg/l (MDK = 250 mg/l) (Tablica 5.4).

Koncentracije **kalija** su također niske i uz negativan trend ima maksimalno izmjerenu koncentraciju od 5,1 mgK/l (Tablica 5.5).

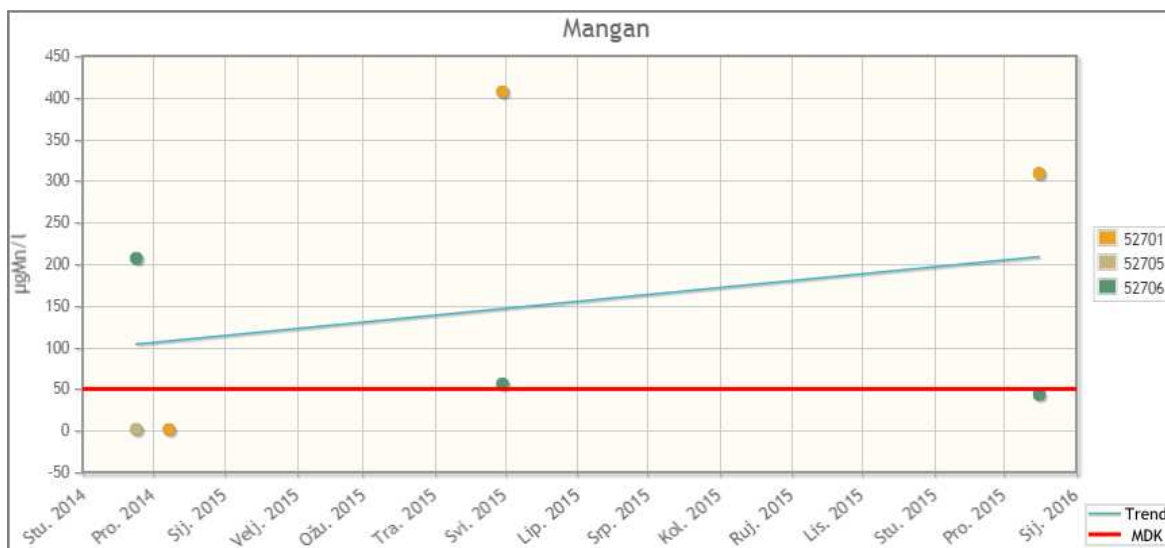
**Željezo** na području Stare Loze samo na piezometru 52701 ima vrlo visoke koncentracije, te maksimalnu izmjerenu sredinom 2015. godine koja iznosi 6600  $\mu\text{gFe/l}$ . Na istom piezometru je početkom 2016. godine ta koncentracija pala ispod 4000  $\mu\text{gFe/l}$  (Slika 4.83, Tablica 5.6).



Slika 4.83. Sadržaj željeza u podzemnoj vodi na području Stare Loze

**Mangan** također ima vrlo visoku maksimalnu vrijednost sredinom 2015. godine od 407  $\mu\text{gMn/l}$  na piezometru 52701. Piezometar 52706 isto ima očitane visoke koncentracije (više od 200  $\mu\text{gMn/l}$ ). Srednja vrijednost je 146,52  $\mu\text{gMn/l}$  uz pozitivan trendšto premašuje MDK od 50  $\mu\text{gMn/l}$  (Slika 4.84, Tablica 5.7).

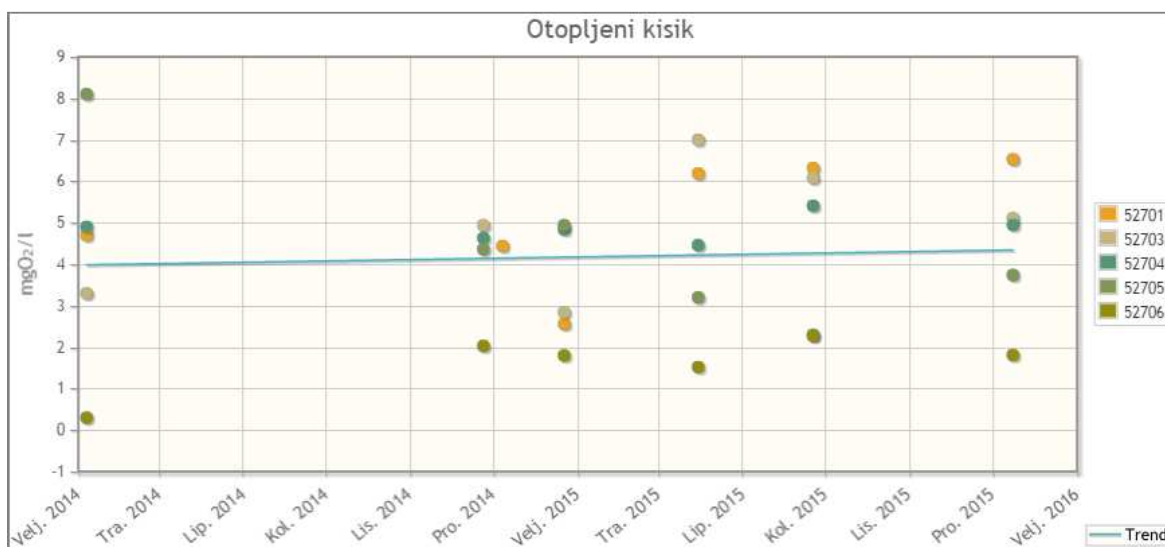




Slika 4.84. Sadržaj mangana u podzemnoj vodi na području Stare Loze

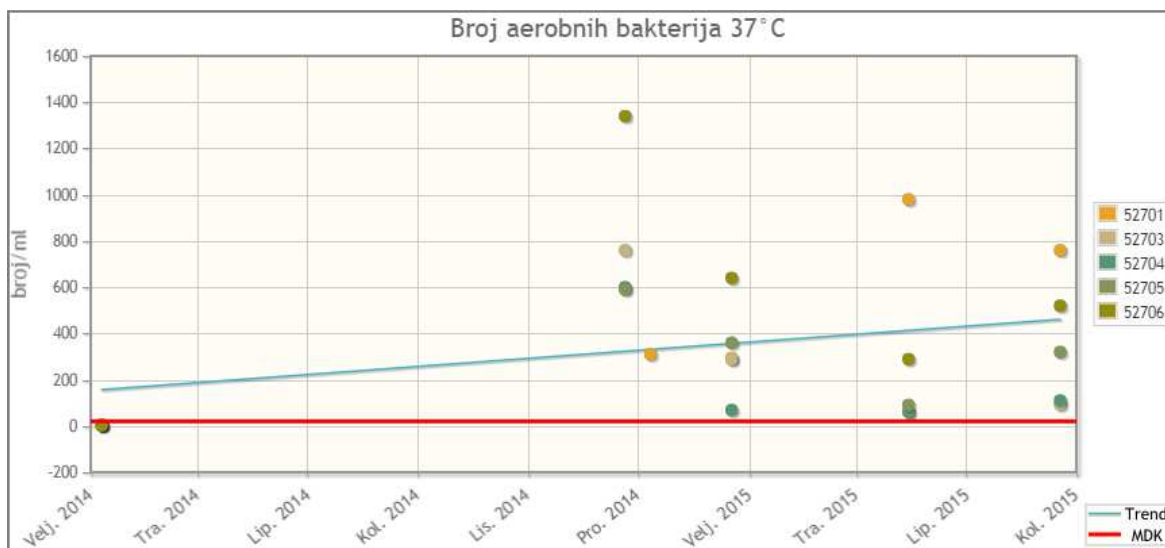
**Olovo** ima maksimalnu koncentraciju od 39,6 µgPb/l. Srednja vrijednost koja iznosi 36,7 µgPb/l je iznad MDK od 10 µgPb/l. Ovi podaci se temelje na samo dva mjerenja (Tablica 5.8).

Koncentracije **otopljenog kisika** imaju maksimalnu vrijednost od 8,1 mgO<sub>2</sub>/l. Uz lagano pozitivan trend, srednja vrijednost iznosi 4,2 mgO<sub>2</sub>/l (Slika 4.85, Tablica 5.9).



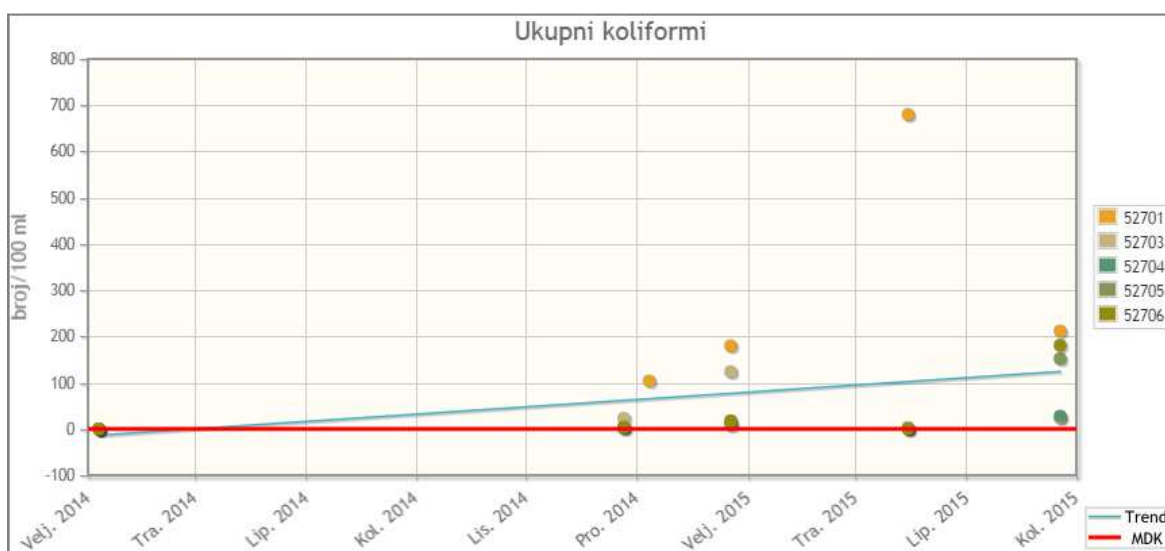
Slika 4.85. Sadržaj otopljenog kisika u podzemnoj vodi na području Stare Loze

Izmjeren je velik **broj aerobnih bakterija 37°C** koji iznosi maksimalno 1340/ml. Srednja vrijednost je 342,44/ml uz pozitivan trend (Slika 4.86, Tablica 5.10).



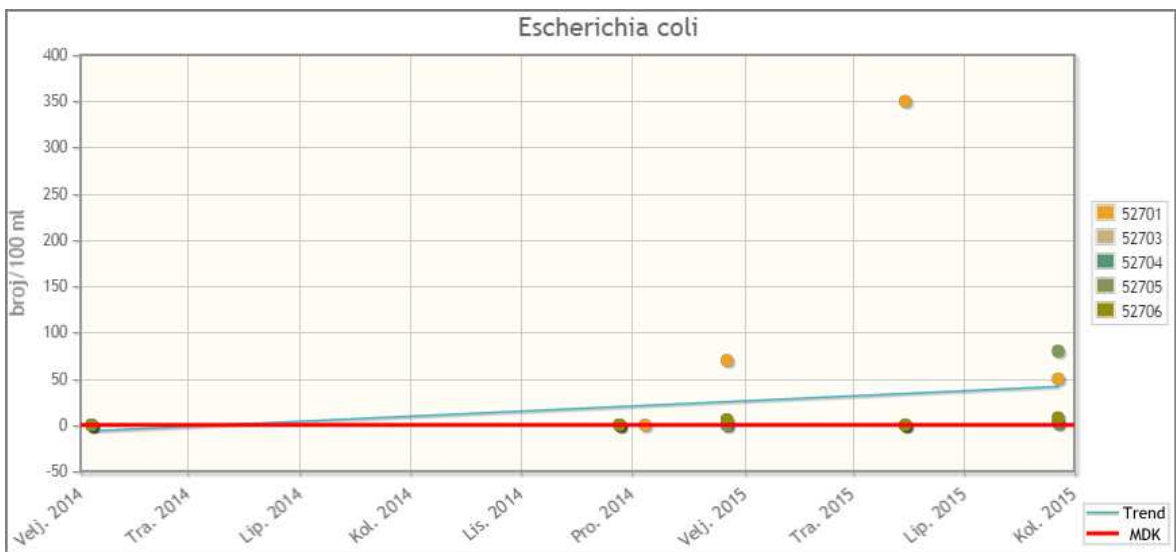
Slika 4.86. Broj aerobnih bakterija u podzemnoj vodi na području Stare Loze

**Ukupan broj koliformnih bakterija** isto tako ima pozitivan trend. Najviša vrijednost izmjerena na piezometru 52701 i iznosi 680/100 ml, dok je srednja vrijednost 70,5/100 ml što je ekstremno visoko s obzirom da ih nesmije biti u vodi (MDK = 0/100 ml) (Slika 4.87, Tablica 5.11).



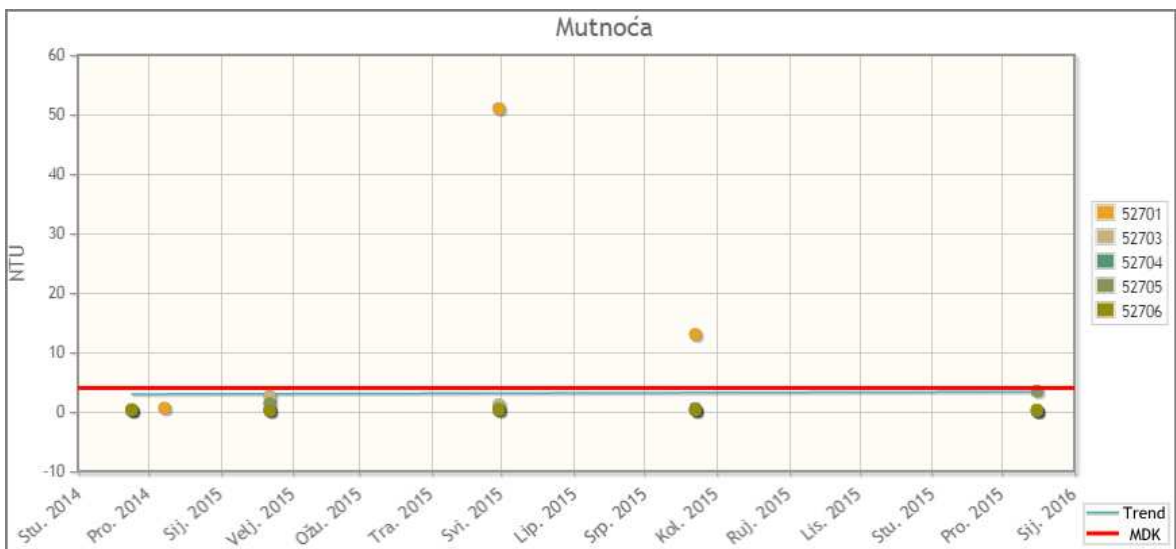
Slika 4.87. Broj ukupnih koliforma u podzemnoj vodi na području Stare Loze

**Escherichia Coli** bakterije imaju maksimalnu vrijednost od 350/100 ml, također na istom piezometru kao i koliformi. Uz pozitivan trend srednja vrijednost je 22,84/100 ml (Slika 4.88, Tablica 5.12).



Slika 4.88. Broj Escherichia Coli u podzemnoj vodi na području Stare Loze

Na piezometru 52701, također je vrijednost parametra **mutnoće** u odnosu na MDK (4 NTU) visoka, te najveća izmjerena vrijednost sredinom 2015. godine iznosi 51 NTU. Srednja vrijednost je 3,14 NTU (Slika 4.89, Tablica 5.13).



Slika 4.89. Mutnoća u podzemnoj vodi na području Stare Loze

## 5. REZULTATI

Analizom svih podataka o kakvoći podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika izdvojeno je trinaest (13) parametara koji nadmašuju ili su blizu maksimalno dopuštene koncentracije MDK preuzete iz *Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (NN 125/2013). Analizirani parametri su svrstani u tablice 5.1. – 5.12. s obzirom na prostornu raspodjelu minimalnih, srednjih i maksimalnih vrijednosti. Crvenom bojom su označena polja u kojima vrijednost prelazi MDK a žutom bojom su označeni pozitivni trendovi.

Tablica 5.1. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti nitrata u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 50 mg/l)

<b>Nitrati mgNO<sub>3</sub>/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	27,5	18,44	5,02	6,1	21,4	32,04	20,74	8,9
Min	5,1	0	0,443	0	5,4	11,5	6,6	1,4
Max	47	48,1	63,8	85,5	77,65	156,72	38,8	17,9
Trend	(-)	(+)	(bez)	(bez)	(bez)	(+)	(-)	(+)

Tablica 5.2. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti atrazina u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 0,1 µg/l)

<b>Atrazin µg/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	0,07	0,064	/	/	0,02	/	0,012	/
Min	0,005	0,01	/	/	0,006	/	0,011	/
Max	0,167	0,175	/	0,007	0,031	/	0,012	/
Trend	(-)	(-)	/	(bez)	(-)	/	(+)	/

Tablica 5.3. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti sume trikloretana i tetrakloretana u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 10 µg/l)

<b>Suma trikloreten i tetrakloreten µg/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjek	0,36	0,37	/	/	7,07	2,27	0,46	6,04
Min	0,1	0,1	/	/	0,1	0,4	0,18	0,2
Max	1,5	1,5	/	/	320,1	5	1,3	9,5
Trend	(bez)	(-)	/	/	(bez)	(-)	(-)	(+)

Tablica 5.4. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti klorida u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 250 mg/l)

<b>Kloridi mg/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	33,77	36,14	9,161	11,05	65,8	51,5	45,4	28,1
Min	2,5	5	0,5	6,64	8,4	27,4	24,4	13,4
Max	77,5	154,6	15,8	51,07	240,2	88,5	76,7	59,6
Trend	(bez)	(+)	(+)	(bez)	(-)	(+)	(bez)	(-)

Tablica 5.5. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti kalija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 12 mg/l)

<b>Kalij mgK/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	2,58	3,8	1,25	2,656	3,96	3,9	4,5	3,16
Min	1,1	1	0,9	1,1	1,2	2,4	3,2	1,9
Max	5,4	15,3	1,8	13,1	7,37	5,2	6,1	5,1
Trend	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(bez)	(-)

Tablica 5.6. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti željeza u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 200 µg/l)

<b>Željezo µgFe/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	23,24	432,52	5,14	8,6	104,7	49,4	11,34	1152,1
Min	0,8	0,8	0,8	0,8	1,7	1	1,9	14,2
Max	95,1	1910	57,6	76,9	1893,4	178,9	36,9	6600
Trend	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(bez)	(+)	(+)

Tablica 5.7. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti mangana u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 50 µg/l)

<b>Mangan µgMn/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati - Prečko	Stara Loza
Prosjek	2,7	441,9	0,52	35,34	5,76	1,1	0,672	146,52
Min	0,1	0,1	0,02	0,1	0,1	0,3	0,1	1,5
Max	30,4	2510	3,9	420,4	69,1	1,85	1,15	407
Trend	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)

Tablica 5.8. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti olova u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 10 µg/l)

<b>Olovo µgPb/l</b>	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjek	2,52	6,28	4,85	7,34	4,3	4,72	5,51	36,7
Min	0,6	1	1,3	0,06	1,3	2	3,43	33,8
Max	7,1	9	8,4	22,5	6,6	7,6	8,1	39,6
Trend	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)

Tablica 5.9. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti otopljenog kisika u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika

Otopljeni kisik mgO <sub>2</sub> /l	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjeak	6,68	5,27	3,4	1,54	3,41	4,6	4,1	4,2
Min	1,5	0,1	0,1	0,1	0,3	1,2	0,8	0,3
Max	12,5	10,2	45	8,62	7,87	7,3	7,9	8,1
Trend	(+)	(+)	(bez)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Tablica 5.10. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti broja aerobnih bakterija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 20/ml)

Aerobne bakterije 37°C broj/ml	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjeak	47,48	64,5	39,38	30,54	59,8	92,8	60,9	342,44
Min	0	0	0	0	0	0	0	3
Max	840	800	720	1000	9000	1290	860	1340
Trend	(+)	(+)	(bez)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Tablica 5.11. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti broja koliformnih bakterija u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 0/100ml)

Koliformne bakterije (broj/100ml)	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjeak	22,5	21,3	8,45	46,58	92,64	20,1	12,5	70,5
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	1350	680	240	2900	6400	970	256	680
Trend	(+)	(bez)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Tablica 5.12. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti Escherichia Coli u podzemnoj vodi zagrebačkog vodonosnika (MDK = 0/100 ml)

Escherichia Coli broj/100ml	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjeak	0,39	1,86	0,1	0,33	0,13	2,3	1,5	22,84
Min	0	0	0	0	0	0	0	0
Max	50	240	10	63	11	189	127	350
Trend	(+)	(-)	(-)	(bez)	(bez)	(+)	(+)	(+)

Tablica 5.13. Minimalne, srednje i maksimalne vrijednosti mutnoće u podzemnoj vodi zagrebačkoga vodonosnika (MDK = 4 NTU)

Mutnoća (NTU)	Mala Mlaka 2.zona	Mala Mlaka 3.zona	Zaprude	Petruševac	Sašnjak i Žitnjak	Držićeva - Trešnjevka	Horvati -Prečko	Stara Loza
Prosjeak	0,071	1,293	/	1,78	6,3	1,26	0,45	3,14
Min	0,01	0,13	/	0,2	0,2	0,18	0,14	0,1
Max	1,1	15	1,6	34,1	148	12	2,7	51
Trend	(+)	(-)	(bez)	(+)	(bez)	(-)	(-)	(bez)

## 6. ZAKLJUČAK

Provedenom analizom podataka kakvoće podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika izdvojeno je 13 parametara u razdoblju od 2009. do 2015. godine.

Ti parametri su povremeno ili stalno u povišenim koncentracijama, blizu MDK ili imaju pozitivan trend barem u nekom dijelu zagrebačkoga vodonosnika. Pojedini parametri su promatrani kao indikatori promjena u vodonosniku.

S obzirom na maksimalno dopuštene koncentracije, zadane u *Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju* (Narodne novine, broj 125/2013), u nastavku će biti obrazložene vrijednosti za svaki odabrani parametar.

Koncentracije **nitrata** su nadmašile MDK na područjima Zapruđa, Petruševca, Sašnjaka i između Držićeve ulice i Trešnjevke. Prosječne koncentracije se kreću od 5,02 do 32,04 mgNO<sub>3</sub>/l. Prosječne vrijednosti su najveće u slivu Male Mlake i na području između Držićeve i Trešnjevke. Maksimalne koncentracije se kreću od 17,9 do 156,72 mgNO<sub>3</sub>/l (MDK = 50 mgNO<sub>3</sub>/l). One koje premašuju MDK se odnose na područja Zapruđa, Petruševca i Sašnjaka.

**Atrazin** koji se koristi kao herbicid je registriran na području Male Mlake, Petruševca, Sašnjaka i između Trešnjevke i Držićeve ulice. Srednje vrijednosti su od 0,012 do 0,07 µg/l. Koncentracije samo na području Male Mlake prelaze MDK (0,1 µg/l) i iznose 0,175 µg/l. Pozitivan trend je uočen samo na području Horvata i Prečkog, gdje su koncentracije minimalne.

Koncentracije organskih spojeva **trikloretena** i **tetrakloretena** imaju prosječne vrijednosti od 0,36 do 7,07 µg/l. Premašuju MDK (10 µg/l) na području Sašnjaka i to ekstremno, gdje je izmjerena vrijednost od 320,1 µg/l. Na području Stare Loze su se vrijednosti približile MDK uz pozitivan trend.

Najveće koncentracije **klorida** su od 15,8 do 240,2 mg/l. Maksimalna je na području Sašnjaka, što je blizu vrijednosti MDK (250 mg/l). Srednje vrijednosti koncentracija klorida kreću se od 9,16 do 65,8 mg/l. Pozitivan trend je na područjima Male Mlake, Zapruđa i između Držićeve ulice i Trešnjevke.

Koncentracije **kalija** neznatno premašuju MDK (12 mg/l) i to na području druge zone Male Mlake i Petruševca. Maksimalne vrijednosti se kreću od 1,8 do 15,3 mg/l. Prosječne koncentracije su od 1,25 do 4,5 mg/l. Pozitivan trend je uočen u trećoj zoni Male Mlake, Petruševcu i na području između Držićeve i Trešnjevke.

**Željezo** ekstremno prelazi MDK (200 µg/l) na području treće zone Male Mlake, Sašnjaka i Stare Loze. Maksimalne vrijednosti koncentracija kreću se od 36,9 do 6600 µg/l, dok su srednje od 5,14 do 1152,1 µg/l.

Najveće koncentracije **mangana** prisutne su u slivu treće zone sanitarne zaštite Male Mlake, slivu Petruševca, Sašnjaka i Stare Loze i iznose od 1,15 do 2510 µg/l (MDK = 50µg/l). Pozitivan trend je prisutan na svim područjima osim u trećoj zoni Male Mlake i u Petruševcu. Prosječne vrijednosti su od 0,52 do 441,9 µg/l.

Koncentracije **olova** nadmašuju MDK (10µg/l) na području Petruševca i Stare Loze. Maksimalne vrijednosti su od 6,6 do 39,6 µg/l, dok se prosječne kreću od 2,52 do 36,7 µg/l. Primijećen je pozitivan trend u trećoj zoni Male Mlake, Sašnjaku i Staroj Lozi.

**Otopljeni kisik** u cijelom vodonosniku ima pozitivan trend te „skok“ u očitanjima krajem 2014. godine.

**Aerobne bakterije (37°C), ukupni koliformi i Escherichia coli** u svim dijelovima zagrebačkoga vodonosnika imaju vrijednosti premašene s obzirom na MDK. Također je u većini priljevni područja crpilišta trend pozitivan.

Mnogi su uzroci degradacije kakvoće podzemne vode. U to spadaju: poljoprivredna aktivnost (odnosno primjena mineralnih i stajskih gnojiva te sredstava za zaštitu biljaka), propusna kanalizacijska mreža, divlja smetlišta, divlje šljunčare, industrijska postrojenja, obrtničke radionice, propusne septičke jame na područjima bez riješene javne odvodnje, aerodepozicija teških metala (koja nastaje uslijed izgaranja ispušnih plinova od automobila ili od industrijske aktivnosti), soljenje cesta u zimskim uvjetima, neriješeni sustavi odvodnje oborinskih voda i utjecaj zagađenih površinskih vodotoka (Bačani i dr., 2010).



Podzemna voda zagrebačkoga vodonosnika spada u strateške zalihe Hrvatske samom činjenicom što opskrbljuje vodom za piće gotovo četvrtinu stanovništva države. Zato je nužno sanirati sve postojeće izvore zagađenja koji se nalaze u priljevnim područjima zagrebačkih crpilišta.

## 7. LITERATURA

Bačani, A. i Posavec, K. (2014): Elaborat o zonama zaštite izvorišta Grada Zagreba. Sveučilište u Zagrebu, RGN fakultet.

Bačani, A., Posavec, K., Parlov, J., Žubčić, M., Kovač, Z., Pletikosić, N., Bedenicki, N., Klanfar, M. i Dvorabić, A. (2010): Prva faza izrade programa mjera za zaštitu i sanaciju u zonama zaštite izvorišta, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Fond stručnih dokumenata Grad Zagreb.

Bačani, A., Posavec, K., Nakić, Z., Perković, D., Miletić, P., Heinrich-Miletić, M., Parlov, J. i Bazijanec, M. (2005): Elaborat zaštitnih zona vodocrpilišta grada Zagreba, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Fond stručnih dokumenata Grad Zagreb.

Miletić, P. i Bačani, A. (1999): EGPV: Izrada bilansa. Knjiga 4, četvrti dio, RGN fakultet, Zagreb.

Brkić, Ž. i Biondić, B. (2000): Savski vodonosnik i njegove hidrogeološke značajke. Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, zbornik radova, okrugli stol, Slavonski Brod.

Nakić, Z., Bačani, A., Parlov, J., Duić, Ž., Perković, D., Kovač, Z., Tumara, D., Mijatović, I., Špoljarić, D., Ugrina, I., Stanek, D., Slavinić, P., 2016. Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske. Studija. Sveučilište u Zagrebu, RGN fakultet.

Posavec, K. (2006): Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja. Doktorska disertacija. RGN fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Urumović, K. i Mihelčić, D. (2000): Podzemne vode savskoga vodonosnika. Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima, zbornik radova, okrugli stol, Slavonski Brod.

Velić, J. & Saftić, B. (1991): Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor. *Geološki vjesnik*, 44, 69–82.

Velić, J. & Durn, G. (1993): Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia. *Geologia Croatica*, vol. 46, no. 1, p. 71–90.

Velić, J., B. Saftić & T. Malvić: (1999): Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the “Jakuševac” Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia)“. *Geologia Croatica*, vol. 52, no. 2, p. 119–130.

ŠIKIĆ, K., BASCH, D. i ŠIMUNIĆ, A. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Zagreb, L 38-80, Savezni geološki zavod, Beograd.

BASCH, O. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. List Ivanić Grad, L33-81, Savezni geološki zavod, Beograd.

#### **Službeni dokumenti:**

Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN125/13)

Odluka o zaštiti izvorišta Stara Loza, Sašnjak, Žitnjak, Petruševac, Zapruđe i Mala Mlaka. Službeni glasnik Grada Zagreba 21/14.